THE LIBRARY

THE UNIVERSITY
OF
NORTH CAROLINA

S585
.G64
v.1
b.

Wilson Annex
S585
.G64
V.1

THE LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF
NORTH CAROLINA
AT CHAPEL HILL

ENDOWED BY THE
DIALECTIC AND PHILANTHROPIC
SOCIETIES

Wilson Annex

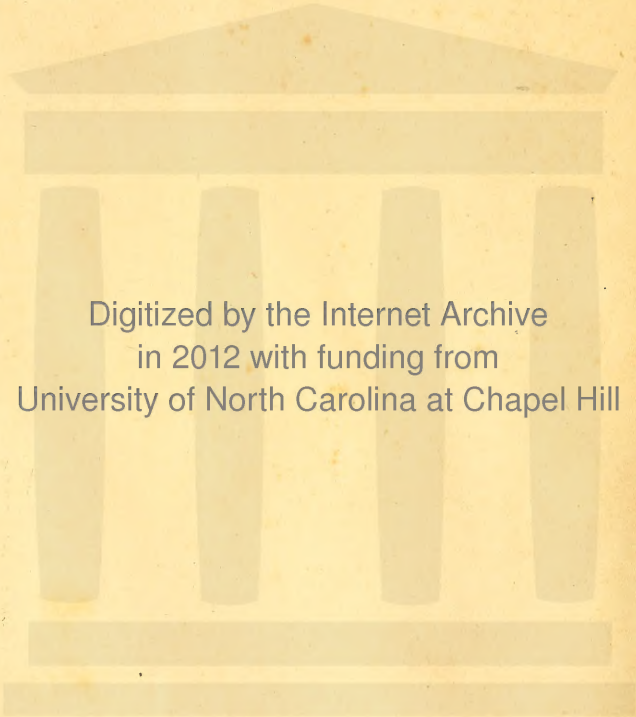
S585
.G64
v. 1

DEMCO

UNIVERSITY OF N.C. AT CHAPEL HILL
00041339907

ONE MONTH

This **BOOK** may be kept out **TWO WEEKS ONLY**, and is subject to a fine of **FIVE CENTS** a day thereafter. It was taken out on the day indicated below:


Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
University of North Carolina at Chapel Hill

http://archive.org/details/dieagriculturche01gohr

Die

Agricultur-Chemie

nach dem heutigen Standpunkte

der

Wissenschaft und Erfahrung.

Von

Dr. Theodor von Gohren,

Director der landwirthschaftlichen Lehranstalt Francisco-Josephinum in Mödling bei Wien.

In zwei Theilen.

I. Theil.

Die naturgesetzlichen Grundlagen

des Pflanzenbaues.

II. Theil.

Die Naturgesetze der Fütterung

der landwirthschaftlichen Nutzthiere.

Wilson Annex
S585
.G64
V.1

Die

naturgesetzlichen Grundlagen

des

Pflanzenbaues.

Von

Dr. Theodor von Gohren,

Director der landwirthschaftlichen Lehranstalt Francisco-Josephinum
in Mödling bei Wien.

Dritte gänzlich umgearbeitete Auflage

des ursprünglichen Werkes

theoretisch-praktische Ackerbau-Chemie

von

Prof. Dr. Robert Hoffmann.

Mit 41 in den Text eingedruckten Holzschnitten, 2 colorirten Tafeln und zahlreichen Tabellen.

Leipzig,
Verlag von C. L. Hirschfeld.
1877.

UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA
PROPERTY OF
LIBRARY
AT CHAPEL HILL

Vorwort zur dritten Auflage.

Indem ich den ursprünglich von meinem Freunde und Collegen, dem leider zu früh verstorbenen Prof. Dr. Robert Hoffmann, verfassten ersten Theil*) einer von uns beiden nach gemeinsamem Plane herauszugebenden „Agriculturchemie“ in neuer Bearbeitung der Oeffentlichkeit übergebe, kann ich nur den Wunsch hegen, dass diese neue Auflage sich bei meinen Fachgenossen, sowie in den Kreisen der practischen Landwirthe einer gleich freundlichen Aufnahme zu erfreuen haben möge, wie die beiden ersten.

Ich war bemüht, das Werk dem heutigen Stande der Wissenschaft und Erfahrung gemäss umzuarbeiten. Was zu diesem Zwecke geschehen musste, bitte ich den geehrten Leser bei einem Vergleich der früheren Auflagen mit der dritten selbst zu beurtheilen.

Meinem verehrten Collegen, Herrn Professor Theodor Langer, welcher die Güte gehabt hat, die Bearbeitung des Capitels: „Die Atmosphäre“ (S. 133—198) zu übernehmen

*) Den zweiten Theil bildet das Werk: „Die Naturgesetze der Fütterung der landwirthschaftlichen Nutzthiere“.

24857

und dadurch gewiss den Werth des Buches zu erhöhen, sage ich auch an dieser Stelle wärmsten Dank.

Möge denn das Buch von Neuem seinen Weg antreten, die alten Freunde sich erhalten, neue erwerben und nützen, so viel es vermag!

Mödling, im Juli 1877.

Dr. von Gohren.

Inhaltsverzeichniss.

Der Boden

Seite

I. Die Bildung des Bodens 1
1. Das Material zur Bodenbildung 4
A. Krystallinische Gesteine 5
a. einfache krystallinische Gesteine 5
b. zusammengesetzte krystallinische Gesteine 12
B. Klastische Gesteine 15
2. Die Ursachen der Zertrümmerung und Verwitterung der Gesteine 18
3. Die Producte der Verwitterung der Gesteine . . 25
A. Verwitterungs-Producte der einfachen krystallinischen Gesteine 25
B. Verwitterungs-Producte der zusammengesetzten krystallinischen Gesteine 26
C. Verwitterungs-Producte der klastischen Gesteine 29
4. Die Formbestandtheile der Gesteinstrümmer und Verwitterungs-Producte 30
A. Der Steinschutt 31
B. Der Erdschutt 33
5. Die Beziehungen der Organismen zur Bodenbildung 38

II. Die Bodenarten, ihre Eintheilung und Ablagerungsverhältnisse 49
1. Die Bodenarten nach ihren Gemengtheilen 49
A. Die Mineral- oder Rohbodenarten 49
B. Die Humusbodenarten 56
2. Die Bodenarten nach ihren Ablagerungsverhältnissen 58
A. Die sedentären Bodenarten 59
B. Die sedimentären Bodenarten 63
3. Die Bodenarten nach ihrer Benutzungsart . . . 73

III. Die Lage des Bodens 75
1. Die Höhe der Bodenfläche über den Meeresspiegel 75
2. Die Lage des Bodens gegen die Himmelsgegend . . 77
3. Die Lage des Bodens gegen dem Horizont 78

Seite

IV. Die Eigenschaften des Bodens 79
Allgemeines 79
1. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens . 80
A. Das absolute und specifische Gewicht des Bodens . . . 80
B. Die Farbe des Bodens 81
C. Das Gefüge und die Structur des Bodens 81
D. Das Verhalten des Bodens gegen Wasser 85
a. Die Wassercapacität 85
b. Die capillare Wasserleitung 88
c. Die Durchlässigkeit 90
d. Das Austrocknungsvermögen 90
e. Das Condensationsvermögen 92
E. Das Verhalten des Bodens gegen Wärme 92
a. Die Wärmequellen 92
b. Die Erwärmungsfähigkeit 94
F. Der Boden und die Elektricität 102
2. Die chemischen Eigenschaften des Bodens 103
A. Die chemischen Bestandtheile des Bodens 103
B. Die Bodenlösungen 110
C. Die Bodengase 114
D. Die Absorption 116
a. Die Absorption von Gasen 117
b. Die Absorption fester Substanzen aus Lösungen . . . 119
E. Die Untersuchung des Bodens 123
a. Die mechanische Analyse 124
b. Die chemische Analyse 126

V. Reichthum und Kraft des Bodens. Werthschätzung (Bonitirung) 129

Die Atmosphäre

(bearbeitet von Prof. Th. Langer) 133

I. Eigenschaften und Zusammensetzung der Luft (Atmosphärologie) 133

II. Die Erscheinungen in der Atmosphäre und deren allgemeine Ursachen (Meteorologie) 136

1. Das Licht 137
2. Die Wärme und ihre Vertheilung auf der Erdoberfläche 139
A. Erwärmung und Abkühlung der Luft 142
B. Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe 144
C. Täglicher und jährlicher Gang der Lufttemperatur . . . 146
D. Tägliche und jährliche Schwankung der Lufttemperatur . 148
E. Nichtperiodische Aenderungen der Lufttemperatur . . . 149
F. Temperatur der Waldluft gegenüber der freien Luft . . 150
G. Isothermen und Isanomalen 154
3. Der Luftdruck 156
4. Die Luftströmungen oder Winde 158
A. Windverhältnisse der gemässigten Zonen 161
B. Drehstürme (Cyclonen) 164
C. Einfluss der Winde auf Temperatur und Feuchtigkeit der Luft 167

Seite

5. Der Wasserdampf der Atmosphäre 168
Feuchtigkeitsverhältnisse der Waldluft 170
6. Atmosphärische Niederschläge (Hydrometeore) . . . 172
A. Thau und Reif 172
B. Nebel und Wolken 174
C. Regen und Schnee 176
a. Jährliche Regenmenge eines Ortes und die sie beeinflussenden Factoren 177
α. Geographische Lage 178
β. Winde 179
γ. Gebirge 179
δ. Wald 180
ε. Häufigkeit der Niederschläge, deren Dauer und Mächtigkeit 181
b. Vertheilung des Regens auf die Jahreszeiten 184
D. Graupeln und Hagelkörner 186
7. Meeresströmungen 187
8. Die Luftelektricität und die Gewitter 189

III. Der durchschnittliche Verlauf der atmosphärischen Erscheinungen innerhalb kleinerer Gebiete der Erdoberfläche und die ihn bedingenden Umstände (Klimatologie) 192
Ermittelung des Klimas eines kleineren Gebietes oder des Standortes. Meteoroprognose 194

Die Pflanze 199

I. Die Pflanze nach ihren Formbestandtheilen 200
1. Die Pflanzenzelle 200
2. Der Aufbau der Pflanzen aus Zellen 203
3. Die Pflanze in ihrer äusseren Gliederung 207
A. Die Ernährungsorgane der Pflanzen 207
a. Die Wurzel 207
b. Der Stengel 213
c. Die Knospe 213
d. Die Blätter 214
B. Die Fortpflanzungsorgane der Pflanze 215
a. Die Blüthe 215
b. Die Frucht 216

II. Die Pflanze nach ihren chemischen Bestandtheilen . . 218
1. Die unorganischen (mineralischen, Aschen-) Bestandtheile der Pflanzen 218
2. Die organischen Bestandtheile der Pflanzen. . . 235
A. Die stickstofffreien organischen Bestandtheile der Pflanzen 250
a. Die Kohlehydrate 250
b. Die Fette 254
c. Die Harze, Kautschukkörper und ätherischen Oele . . 256
d. Die Farbstoffe, Bitterstoffe und Glucoside 256
e. Die Pectinstoffe 258
f. Die Pflanzensäuren 258
B. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen 259
a. Die Proteïnstoffe 259

Seite

b. Die pflanzlichen Fermente 261
c. Die Pflanzen-Alkaloïde 261

III. Das Leben der Pflanze 262

1. Allgemeine Lebensbedingungen 262
A. Das Licht 262
B. Die Wärme 265
C. Die Elektricität 267
D. Die Schwerkraft 268
2. Das Keimen 269
3. Die Periode des Wachsens 281
A. Art, Quelle und Form der Pflanzen-Nährstoffe 282
B. Das Bildungsleben 285
a. Die Aufnahme und Wanderung der Nährstoffe . . . 285
b. Die Assimilation der Nährstoffe, der Stoffwechsel und die Production von Pflanzenstoffen 294
4. Die Fortpflanzung 300
5. Die Pflanzenkrankheiten und ihre Ursachen . . . 304
6. Lebensdauer und Tod der Pflanze 306

Praktische Abtheilung.

Die Culturpflanzen und ihre Ernährung 307

I. Arten der Culturpflanzen 310
A. Eintheilung nach der Benutzung 311
B. Eintheilung nach den Bestandtheilen 311
C. Eintheilung nach Pflanzentheilen und deren nutzbaren Bestandtheilen 312

II. Vertheilung der Culturpflanzen nach den Klimaten . . 314

III. Die Ernährung der Culturpflanzen 317
1. Welche Nährstoffe müssen den Culturpflanzen künstlich zugeführt werden? 318
2. Welche Nährstoffe der Culturpflanzen sind für den Landwirth die werthvollsten? 320
3. Wie nehmen die Nährstoffe indirect günstigen Einfluss auf die Ernährung und das Gedeihen der Culturpflanzen? 321
4. In welchen Verbindungen müssen die Nährstoffe den Culturpflanzen zugeführt werden? 322
5. In welchen Mengen sind die einzelnen Nährstoffe den Culturpflanzen zu bieten? 323
(Tabelle über die durch die Ernten dem Boden entzogenen Mengen anorganischer Bestandtheile) 325

IV. Äussere Einflüsse auf die Vegetation 334

Der Dünger und seine richtige Anwendung . . . 347
Die Düngeranwendung im Allgemeinen 355

A. Allgemeine Düngerarten 360
1. Stalldünger (Stallmist) 360
a. Die Entleerungen (Ausscheidungen) der landw. Nutzthiere 360

Seite
b. Die Einstreu 369
c. Bereitung und Aufbewahrung des Stalldüngers 373
d. Berechnung der Menge, der Kosten und des Geldwerthes des Stallmistes 382
e. Eigenschaften des Stalldüngers und dessen Veränderungen beim Liegen 385
f. Rationelle Anwendung des Stalldüngers 391
2. Der Pferchdünger (Hordendünger) 398
3. Die menschlichen Entleerungen (Excremente, Excrete) und der aus denselben bereitete Dünger (Poudrette, Urate) 399
a. Zusammensetzung und Werth 399
b. Ansammlung, Behandlung und Verwerthung der menschlichen Excrete 402
4. Stickstoff-Guano (Peruguano) 410
a. Vorkommen, Zusammensetzung, Eigenschaften und Wirkung des Guano 410
b. Die Anwendung des Guano 415
c. Dem Peruguano verwandte, künstliche Guanosorten . . 417
5. Thierische Abfälle 420
6. Frische Pflanzen (Gründüngung) 426
7. Oelkuchen und andere als Abfälle sich ergebende Pflanzensubstanzen 427
8. Der Torf 432
9. Erde (Schlamm, Thon, Koth u. s. w.) als Dünger . . . 433
10. Das Wasser als Düngemittel (Wiesenbewässerung) . . 437
11. Flüssiger Dünger (Kloakenwasser u. s. w.) 440
12. Mengedünger (Compost) 445

B. Specielle Düngerarten 448
13. Kalireiche Düngemittel 448
a. Die Stassfurter und Kaluszer Salze 448
b. Die Asche 452
c. Melasse, Melassenschlempe und Elutionsflüssigkeit . . 454
d. Kalihaltige Gesteine 455
14. Phosphorsäurereiche Düngemittel 456
a. Die Knochen 456
b. Phosphatguanos 463
c. Mineralische Phosphate 464
d. Phosphorsäurehaltige Abfälle 466
15. Stickstoffreiche Düngemittel 467
16. Kalkreiche Düngemittel 470
17. Schwefelsäurereiche Düngemittel (Sulphate) . . . 475
18. Chlor- und natriumhaltige Düngemittel 478

Die Bodenbearbeitung und Regulirung der Vegetationsfactoren des Bodens 480
I. Die Urbarmachung 481
II. Die Bearbeitung des Culturbodens 482
A. Die mechanischen Acte der Bodenbearbeitung 483
1. Die Spatencultur 483

Seite

2. Die Ackerung 484
3. Das Eggen 490
4. Das Walzen 491
5. Die Tiefcultur 492
6. Die Erdmischung 497

B. Die Regulirung der physikalischen und chemischen Vegetationsfactoren des Bodens 498
1. Die Entwässerung des Bodens 498
Ursachen der zu grossen Nässe 500
Ableitung des Tagewassers 501
Ableitung des Quell- und Stauwassers 502
Nutzen und Wirkung der Drainage 506
2. Die Bewässerung des Bodens 514
3. Das Bodenbrennen 515
4. Die Brache 518
5. Der Pflanzenwechsel (die Fruchtfolge) 519

Die wirthschaftliche Systemisirung des Pflanzenbaues . 525

I. Charakteristik der einzelnen Wirthschaftssysteme . . . 525
1. Die ungeschmälerte Weide- und Graswirthschaft 527
2. Die wilde Feldgraswirthschaft 527
3. Die geregelte Feldgraswirthschaft 528
4. Die vervollkommnete und geregelte Feldgraswirthschaft 530
5. Die Körnerwirthschaft 530
6. Die verbesserte Körnerwirthschaft 532
7. Die Fruchtwechselwirthschaft 532
8. Das industrielle System (die landwirthschaftliche Industriewirthschaft) 534
9. Das Speculationssystem (die freie Wirthschaft) . . . 535

II. Die Wirthschaftssysteme mit Rücksicht auf die Bodenerschöpfung und den Ersatz 537

Register 555

Der Boden.

„Le sol c'est la patrie, meliorer l'un c'est servir l'autre."

(*Ueber der Eingangspforte der Ackerbauschule in Grignon.*)

Der Boden ist die oberste Schicht der Erdrinde. Ist diese Schicht für Ackerbau und Waldbau nutzbar, nennt man sie Culturboden. Der Culturboden liefert den Culturpflanzen die Bodennahrung, sowie den mechanischen Halt und regelt das Zusammenwirken jener Bedingungen, welche sich vereinigen müssen, um vollkommene Pflanzen zu erziehen.

Der Culturboden besteht im Allgemeinen aus grösseren und kleineren Gesteinstrümmern, aus zu lockerer Erde zerfallenen Gesteinen und aus grösseren oder geringeren Mengen pflanzlicher und thierischer Reste.

Die Kenntniss des Bodens ist für den Landwirth um so nothwendiger, als er auf Fruchtbarkeit oder Dürftigkeit seines Bodens Einfluss zu nehmen im Stande ist, nicht aber, oder doch nur in sehr beschränktem Maasse auf die eigentlichen Producenten pflanzlicher Materie, Licht und Wärme.

Die Bildung, Entstehung und Eigenschaften des Bodens ohne Rücksicht auf dessen landwirthschaftliche Nutzung lehrt die Pedologie, mit Bezug auf die landwirthschaftliche Nutzung die Agrologie.

I. Die Bildung des Bodens.

Die Frage nach der Bildung des Bodens führt uns zu der Entwickelungsgeschichte der Erde. Während man früher die Ansicht hegte, dass die jetzige Oberflächengestaltung unserer Erde durch gewaltsame Revolutionen hervorgerufen worden sei, hat man jetzt die Erklärung für die mannigfaltigen Veränderungen in und auf der Erdrinde in dem Gesetze der allmäligen Entwickelung durch

stete Summirung der Einzelwirkungen gefunden. Man denkt sich den Entwickelungsgang der Erde bis zu ihrer gegenwärtigen Gestalt kurz folgendermassen:

Die gesammte Erdmasse war anfänglich ein den Gesetzen der Gravitation folgender Gasball mit ungeheuerer Temperatur. Durch Wärmeausstrahlung in den kalten Weltenraum ging ein Theil der gasförmigen Stoffe in den flüssigen Aggregatzustand über und es bildete sich ein flüssiger, von einer Gashülle umgebener Erdkern. Bei fortschreitender Abkühlung erstarrte der oberste Theil des flüssigen Kerns zu einer festen Gesteinskruste. Durch die Bewegung des feurig flüssigen Kerns in Folge der Anziehung durch Sonne und Mond stellten sich Berstungen der erstarrten Kruste ein und in die gebildeten Spalten trat feurig flüssige Masse, ein Vorgang, der sich von nun an wiederholt und die Ursache der eruptiven Gesteinsbildung wird. Endlich ist die Erdoberfläche so weit erkaltet, dass Wasserbildung möglich wird und von diesem Zeitpunkt an tritt ein neuer und sehr wichtiger Factor für die Umformung der Erdoberfläche und die Bildung von Gesteinen auf. Durch mechanische Ab- und Anschwemmungen, durch chemische Auflösungen, Verbindungen und Niederschläge entstehen die sedimentären Ablagerungen. Noch aber gab es keine organische Materie.

Wie zuerst Leben auf der Erde entstanden ist, darüber lassen sich nur Hypothesen aufstellen. Möglich ist es, dass aus unorganischen Stoffen durch Urzeugung Organismen entstanden sind, möglich ist es ebenso, dass die Keime aller Organismen, gleich den unorganischen Atomen ewig, im geeigneten Zeitpunkt aus dem Weltenraum auf die Erde gelangt und folgend dem Gesetze der allmäligen Entwickelung, sich von der einfachsten Form bis zu den höchst complicirten Organismen der Gegenwart entwickelt haben. Mit dem Eintreten des organischen Lebens in den Process der Oberflächengestaltung der Erde war ein bis auf die Jetztzeit ununterbrochen wirkender Factor für Neubildungen und Metamorphosen gegeben. Allmälig gestattete die fortdauernde Abkühlung und die dadurch zur Wirkung kommenden Wärmeunterschiede der Sonnenbestrahlung das Entstehen von Wärmezonen und endlich auch die Bildung von Eis und Gletschern. Wie folgenreich die Eiswirkung auf die Gesteinsbewegungen und Formationen gewesen ist und noch ist, wird später noch besprochen werden. So kam denn endlich durch die Wechselwirkung vorgenannter Factoren der Zeitpunkt, wo der Mensch auf der Erde zu leben vermochte und mit dem Auftreten des Menschen der tiefeingreifende Einfluss geistiger Functionen auf die Vorgänge in der Natur. Noch steht aber

die Entwickelung der Erde und ihrer Organismen nicht still, noch wirken physikalische und chemische Processe im Grossen wie im Kleinen zum ewigen Kreislauf alles Seienden und wie der Anfang in ewiges Dunkel gehüllt bleiben wird, so auch das Ende unseres Planeten.

Dass es unmöglich ist, das absolute Alter der in den verschiedenen Perioden entstandenen Bildungen zu bestimmen, ist begreiflich, wohl aber lässt sich das relative Alter der einzelnen Gesteinsformationen feststellen, indem man annimmt, dass die unter einer anderen liegende Schicht immer älter sein muss, als die aufgelagerte und dass bei durchgreifender Lagerung das durchgreifende Gebirgsglied jünger ist, als alle Gebirgsglieder, welche durchsetzt werden. Die gleichzeitig und gleichartig gebildeten Formationen stellen somit einen besonderen Zeitabschnitt in der Entwickelungsgeschichte der festen Erdkruste dar und eine Gruppe von Formationen eine Periode. Folgende Tabelle gibt ein Bild der Aufeinanderfolge dieser Formationen und Perioden.

A. Sediment-Formationen.

Weltalter oder Perioden	Formationen		
V. Anthropozoische Periode oder Jetztzeit	Quartäre	12. Quartär-Formation (Alluvium u. Diluvium)	jüngeres / älteres } aufgeschwemmtes Gebirge
IV. Kaenozoische Periode oder Neuzeit	Tertiäre	11. Neogen-F. 10. Eocän-F.	jüngeres / älteres } Braunkohlen-Gebirge
III. Mesozoische Periode oder Mittelalter	Secundäre	9. Kreide-F. 8. Jura-F. 7. Rhätische F. 6. Trias-F.	Quadersandstein-Geb. Oolith-Gebirge Dolomit-Gebirge Salz-Gebirge
II. Palaeozoische Periode oder Alterthum	Primäre	5. Dyas-F. 4. Steinkohlen-F. 3. Devonische F. 2. Silurische F.	Kupfer-Gebirge Steinkohlen-Gebirge jüngeres / ältere } Uebergangsgebirge oder Grauwacken-Gebirge
I. Prozoische Zeit oder Urzeit		1. Primitive F.	Urgebirge oder krystallinisches Schiefer-Gebirge.

B. Eruptiv-Formationen.

Perioden	Formationen	Gesteine
III. Känolithische Periode	7. Jüngere Trachyt- und Basalt-Formation	Basaltlaven Rhyolithlaven Trachytlaven Andesitlaven
II. Mesolithische Periode	6. Jüngere Porphyr-Formation oder ältere Trachyt- u. Basalt-Formation	Dolerit und Basalt Trachyt Propylit
	5. Jüngere Grünstein-Formation	Gabbro, Olivinfels, Serpentin
	4. Jüngere Granit-Format.	Banatit Protogin Alpengranit
I. Palaeolithische Periode	3. Aeltere Porphyr-Formation	Melaphyr, Augitporphyr Felsitporphyr, Porphyrit
	2. Aeltere Grünstein-Formation	Diabas und Gabbro Diorit, Glimmerdiorit
	1. Aeltere Granit-Format.	Syenit Granit.

1. Das Material zur Bodenbildung.

Jeder Boden, also auch jeder Culturboden, entstammt festem Gestein. Die Gesteine, welche ihrer räumlichen Ausdehnung nach wesentliche Theile der festen Erdrinde, Gebirgsglieder darstellen, sind bisweilen aus einem einzigen Mineral gebildet, gewöhnlich aber enthalten sie verschiedene Mineralien in mehr oder weniger inniger Mischung; man unterscheidet demgemäss einfache Gesteine und zusammengesetzte Gesteine.

Dem Ursprunge nach unterscheidet man: vulcanische Gesteine, sedimentäre Gesteine und metamorphische Gesteine.

Die vulcanischen Gesteine sind entstanden durch Erstarren aus feurig-flüssigem Zustand, die sedimentären Gesteine verdanken ihren Ursprung dem Wasser, d. h. ihr Material ist aus dem Wasser in Form von Schlamm, Sand oder Kies niedergeschlagen worden und diese losen Sedimente haben sich später verkittet. Die metamorphischen Gesteine sollen durch Einfluss hoher Tem-

peraturen auf sedimentäre Gesteine entstanden sein. Die vulcanischen und metamorphischen Gesteine fasst man wohl auch mit dem Namen krystallinische Gesteine zusammen.

Aus dem festen Gestein entsteht der Gebirgsschutt, welcher bald in Form von Felsblöcken, bald als Gerölle, Kies, Sand oder Erde auftritt. Die Umwandlung selbst geschieht durch mechanische, chemische und physiologische Einwirkungen. Will man die Beschaffenheit des Gebirgsschuttes kennen lernen, so muss man unbedingt zu dem anfänglichen Bildungsmateriale, den krystallinischen Gesteinen zurückgreifen, denn die unter den sedimentären Formationen auftretenden sogenannten klastischen Gesteine (Breccien, Conglomerate, Sandsteine, Schieferthone, Mergel u. s. w.) sind selbst nur fest zusammengekitteter Gebirgsschutt und unterscheiden sich von dem gegenwärtig existirenden Gesteinsschutte nur durch den grösseren Zusammenhalt ihrer Massen. Sie sind ebenso wie in neuerer Zeit entstandener Schutt auch erst aus der Verwitterung krystallinischer Felsarten hervorgegangen.

A. Krystallinische Gesteine.

a) Einfache krystallinische Gesteine.

Quarz. Die Quarzgesteine gehören zu den verbreitetsten Gesteinen. Sie kommen nicht nur in fast allen Felsarten als Gemengtheil vor, sondern auch im isolirten Zustande in Form von Quarzfels, Quarzit, Kieselschiefer, Feuerstein (Flint) als Gebirge bildendes Gestein. Als Geschiebe bildet der Quarz den allbekannten „Kieselstein“. Wir finden Quarz in gröberen oder feineren Körnern als Quarzsand in jedem Ackerboden, als Hauptbestandtheil sedimentärer Ablagerungen, des Wüsten- und Dünensandes, des Sandes in den Flussbetten. Quarz ist ferner ein Hauptbestandtheil der Sandsteine und Conglomerate. In reinem Zustand, z. B. als Bergkrystall, besteht der Quarz aus in Wasser vollkommen unlöslicher Kieselsäure. Der Quarz ist ungemein hart. Die Quarzgesteine enthalten in der Regel fremde Beimengungen, besonders Oxyde des Eisens.

Feldspath. Die Feldspathe sind weisse, grünliche, gelbliche, röthliche, rothbraune, graue, graubraune, seltener farblose, wasserlose, ziemlich harte (H = 6) Verbindungen von Kieselsäure mit Thonerde und mit mehr oder weniger Alkalien oder Kalk. Man unterscheidet den Orthoklas oder Feldspath schlechtweg, den Oligoklas und den Labrador. Der Orthoklas enthält neben Kieselsäure und Thonerde namentlich Kali, der Oligoklas Kali, Natron und Kalkerde und der Labrador Natron und Kalkerde. Eine Varietät des Orthoklas ist der Sanidin, ausgezeichnet durch seinen

Glasglanz und die rissige Beschaffenheit. Die Feldspathe sind einerseits sehr wichtig als Gemengtheile der verschiedenen zusammengesetzten Gesteine, andererseits als das Bildungsmaterial für Kaolin, Thon, Lehm u. s. w. und machen in ihren Trümmern sehr häufig die Bestandtheile des Sandes aus.

Zeolith. Die Zeolithe sind den Feldspathen sehr nahestehende, entweder farblose oder weisse, weissgraue, gelbe oder röthliche, wasserhaltige Silicate von Thonerde und Kalk oder Alkalien. Bemerkenswerth ist die Leichtigkeit, mit welcher sie sich unter Einfluss leichter Säuren zersetzen. Man unterscheidet Strahlfaserzeolithe, Strahlblätterzeolithe, Säulenzeolithe und Würfelzeolithe.

Augit- und Amphibolgruppe. Statt der Thonerde und der Alkalien treten in dieser Gruppe zum Unterschied von der Feldspathgruppe Magnesia, Kalk, Eisen- und Manganoxydul hervor. Die bemerkenswerthesten Repräsentanten sind: der Augit, Diallag, Hypersthen und Amphibol. Der Augit ist meist schwarz und glasartig, von Säuren wird er gar nicht oder nur wenig angegriffen. Im Allgemeinen ist er eine Verbindung von kieselsaurer Kalkerde mit kieselsaurer Magnesia und kieselsaurem Eisenoxydul, in welcher jedoch die Kalkerde vorherrscht, die Thonerde und Eisenoxyd nicht ganz fehlen, Alkalien aber fast vollständig verschwinden. Bemerkenswerth ist der oft bedeutende Gehalt an Phosphorsäure. Der Diallag ist nelkenbraun bis broncefarbig oder graugrünlich, mit starkem halbmetallischen Perlmutterglanze, in seiner chemischen Zusammensetzung steht er den Augiten sehr nahe. Der Hypersthen ist härter als Augit und Amphibol, schwarz oder dunkelbraun und unterscheidet sich durch seinen starken Magnesia- und Eisenoxydulgehalt und durch seinen geringen, manchmal ganz verschwindenden Kalkgehalt von dem Amphibol und Augit. Der Amphibol (Hornblende) ist bald Thonmagnesiahornblende, bald Thonkalkhornblende. Erstere ist schwarz oder schwarzgrün, und besteht aus kieselsaurer Magnesia und kieselsaurem Eisenoxydul mit thonerdesaurem Kali und Natron nebst kleinen Mengen von Fluor und Titansäure. Letztere, pech- bis bräunlichschwarz, durch Salzsäure theilweise zersetzbar, hat einen geringeren Kieselsäure- und Kalkgehalt, jedoch einen grösseren Gehalt an Magnesia und Eisenoxyd. Fluor enthält sie nie.

Glimmergruppe. Die Glimmer zählen zu den verbreitetsten Mineralien, da es kaum eine Felsart giebt, in der nicht eine Glimmerart als wesentlicher oder unwesentlicher Bestandtheil vorkommt. Ihre Farbe ist silberweiss, grau- bis blaugrün, messinggelb, braun bis schwarz; charakteristisch ist ihre Spaltbarkeit in äusserst dünne Blättchen. Man unterscheidet Kali- und Magnesiaglimmer.

Der Kaliglimmer enthält neben kieselsaurer Kali-Thonerde Eisenoxyd, Magnesia, zuweilen auch noch geringe Mengen von Natron und Kalk. Der Magnesiaglimmer, welcher härter als der Kaliglimmer und meist schwarzbraun oder schwarz gefärbt ist, enthält weniger Kieselsäure und Kali, hingegen mehr Magnesia und Eisen, als der Kaliglimmer.

Talk ist ein wasserhaltiges Magnesia-Silicat, bisweilen etwas Eisenoxydul oder Thonerde enthaltend, fettig anzufühlen und vom Nagel leicht ritzbar. Als Felsbildungsmittel hat er nur einen untergeordneten Werth (Talkschiefer, Speckstein).

Serpentin besitzt dieselbe Zusammensetzung wie der Talk, nur ist die Magnesia zuweilen durch Eisenoxydul vertreten. Als wesentlicher Gemengtheil zusammengesetzter Gesteine findet er sich nicht, wohl aber kommt er als felsenbildendes Gestein zuweilen vor.

Olivin tritt in rundlichen, grünen oder grüngelben Körnern als Gemengtheil des Gabbro und Basalt auf und besteht aus kieselsaurer Magnesia. Zuweilen vertritt Eisenoxydul die Magnesia in unbestimmten Mengen.

Nephelin. Eine weisslich-grau oder gelblich-grau gefärbte, auf dem Bruch Fettglanz zeigende Verbindung von Kieselsäure, Thonerde und Natron. Salzsäure zersetzt den Nephelin vollständig, unter Ausscheidung von gallertartiger Kieselsäure.

Leucit erscheint als wesentlicher Gemengtheil der Leucitophyre und Leucitbasalte. Seine Farbe ist meist schmutzig gelblich oder graulich-weiss, er besteht aus kieselsaurem Kali und kieselsaurer Thonerde.

Die Granaten sind kieselsaure Verbindungen, an deren Zusammensetzung insbesondere Thonerde und Kalkerde theilnehmen, welche aber sehr häufig, erstere durch Eisenoxyd und letztere durch Eisenoxydul oder Talkerde vertreten werden. Granaten finden sich beigemengt dem Gneiss-, Talk-, Chlorit-, Hornblendeschiefer, dem Granit und Granulit, dem körnigen Kalk, Serpentin, den Basalten und Trachyten.

Turmalin. Die chemische Zusammensetzung der Turmaline ist sehr schwankend. Man unterscheidet lithionhaltige und lithionfreie Turmaline. Mit Quarz bildet der Turmalin den Turmalinfels und den Turmalinschiefer, accessorisch ist er in vielen anderen Gesteinen verbreitet.

Eisenverbindungen. Von Mineralien, welche im Wesentlichen aus Eisenverbindungen bestehen und als Gemengtheile in sehr vielen Gebirgsgesteinen oder in Lagern vorkommen, immer aber eine sehr wichtige Rolle bei der Zersetzung der Gesteinsmassen und der Bodenbildung spielen, sind zu nennen: Eisenspath

(kohlensaures Eisenoxydul), Rotheisenstein (Eisenoxyd), Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat), Raseneisenstein und Schwefelkies (Schwefeleisen). Der Raseneisenstein führt auch den Namen Wiesen-, Quell-, Morast-, Sumpf-, See-Erz, ferner Ortstein, Limonit. Er umfasst im Allgemeinen alle die unter verschiedenen Formen auftretenden Eisengebilde, welche sich noch fortwährend, theils im Boden der Aecker und Wiesen, theils auf dem Grund von Sümpfen und Mooren erzeugen und vorherrschend aus Eisenoxydhydrat oder aus einem Gemenge von diesem und phosphorsaurem Eisenoxyd, Sand, Thon und Humusstoffen bestehen. Der Eisenkies, dieses allbekannte Mineral von messinggelber Farbe, findet sich in sehr vielen Gesteinen eingesprengt. In Folge seiner leichten Zersetzbarkeit trägt er zur Verwitterung der Gesteine, wie sich dies später zeigen wird, sehr wesentlich bei.

Der Apatit gehört zu den verbreitetsten Gemengtheilen von Gesteinen, ohne doch wesentlicher Gemengtheil zu sein. Er besteht aus Phosphorsäure und Kalk mit etwas Fluor oder Chlor. Die derbe, dichte und erdige Varietät des Apatits, der Phosphorit, bildet als solcher selbstständige Gebirgsglieder. Weniger Mächtigkeit als der Phosphorit haben der Wawellit und Vivianit.

Calcit besteht in reinem Zustande aus Kohlensäure und Kalk, doch finden sich sehr häufige Beimischungen von Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul, Baryterde u. s. w. und Beimengungen von Kieselerde, Thon, Eisenoxyd u. s. w. Als Gebirgsart ist der Calcit ein sehr stark verbreitetes Mineral, kommt aber auch häufig als Bestandtheil anderer Gesteine vor. Er bildet meilenweite Gebirgszüge, von welchen viele Alpenketten die grossartigsten Beispiele liefern. Durch seine ausgedehnte Verbreitung als Gebirgsgestein und seine Löslichkeit in kohlensaurem Wasser erklärt sich das allgemeine Vorkommen des kohlensauren Kalkes in den Ackerböden, den Thon- und Lehmablagerungen. Die wichtigsten Abarten des Calcits sind: der Arragonit, Kalkspath, Marmor, Faserkalk, dichter und erdiger Kalk, poröser und röhriger Kalk, der Kalksinter, Rogen- und Erbsenstein, der Stinkkalk, bituminöser Kalk, der Eisenkalkstein, Mergelkalkstein, Grobkalk und dolomitischer Kalkstein.

Uebergiesst man Calcit mit einer Säure, so tritt letztere an die Kalkerde, die Kohlensäure des Kalksteins wird frei und entwickelt sich unter Brausen. Wenn auch alle kohlensauren Salze, also nicht blos jene der Kalkerde allein, mit Säuren aufbrausen, so ist doch der kohlensaure Kalk das einzige in so grosser Menge im Boden und als Gestein vorkommende Carbonat und in sofern kann man bei derlei Versuchen aus dem Aufbrausen eines Gesteines oder einer Erde in der Regel auf das Vorhandensein von Kalk schliessen.

Der Dolomit bildet theils gewaltige Felsmassen, die sich durch das Schroffe, Zerrissene und Unfruchtbare charakterisiren, theils tritt er als Gemengtheil hornblende-, diallag- und augithaltiger Felsarten auf. Im gleichmässigen Gemenge mit Thon bildet er die dolomitischen Mergel. In reinem Zustande besteht er aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, häufig ist ihm aber Eisenoxydul oder auch Manganoxydul beigemischt. Als mechanischer Gemengtheil findet sich sehr häufig noch kohlensaurer Kalk, z. B. in den sogenannten Rauhkalken.

Gleich dem Dolomit bildet der Gyps zuweilen sehr ausgedehnte Gebirgszüge und zwar namentlich in jenen Formationen, welche Steinsalzlager haben; nie tritt Gyps als Gemengtheil einer krystallinischen Felsart auf. Gelöst findet man ihn in den meisten Boden- und Quellwässern und seine Bildung dauert gegenwärtig überall da fort, wo kalkerdehaltige Minerale oder Bodenarten in irgend einer Verbindung mit Eisenkiesen stehen. In reinem Zustande besteht der Gyps aus Schwefelsäure, Kalkerde und Wasser. Man unterscheidet späthigen Gyps, körnigen Gyps (Alabaster), Fasergyps und dichten oder gemeinen Gyps.

Steinsalz, ein wichtiges, in Wasser sehr leicht lösliches Mineral, aus Chlor und Natrium zusammengesetzt, bildet gewaltige Lager, namentlich im Gebiete der Zechstein-, Buntsandstein-, Muschelkalk- und Keupersandsteinformationen, ist aber in geringer Menge Bestandtheil fast aller Gesteine und der meisten Gewässer, in bedeutender Menge findet es sich im Meerwasser gelöst.

Tabelle über die chemische Zusammensetzung der wichtigsten einfachen

Namen der Mineralien	Kali	Natron	Magnesia	Kalkerde	Manganoxyd	Eisenoxydul
Quarz SiO^2	—	—	—	—	—	—
Kalifeldspath (Orthoklas, Sanidin) $(KNa)^2Al^2Si^6O^{12}$	7,9—12,8	2,0—5,0	Spur—0,9	Spur—1,5	—	—
Natronfeldspath (Albit, Oligoklas) $Na^2Al^2Si^6O^{16}$	0—4,3	5,9—9,99	0,48—0,80	1,1—3,5	—	—
Kalkfeldspath (Labrador, Anorthit) $Ca^2Al^4Si^4O^{16}$	0,3—1,5	1,4—5,0	Spur—0,9	8,6—13,1	—	—
Kaliglimmer $KH^4Al^4Si^4O^{16}$ oder $K^2H^2(MgFe)Al^2Si^3O^{16}$	3,0—12,4	0—4,1	0,3—3,0	0—2,6	—	—
Magnesiaglimmer $(R'^2R'')^6Si^3O^{12}$ und $Al^4Si^3O^{12}$	5,6—8,9	—	15,7—23,8	—	0—0,6	—
Amphibol $(MgFe)CaSi^2O^6$	0—2,9	0—12,4	5,8—24,7	Spur—13,9	0—2,0	1,4—33,1
Augit (Pyroxen) $MgCaSi^2O^6$	0—2,5	0—3,1	6,8—21,3	3,1—25,8	0—3,7	1,9—30,4
Chlorit $H^8(MgFe)^5(AlFeCr)^2Si^3O^{18}$	—	—	12,8—25,5	—	1,15	15,0—28,5
Kaolin	—	—	0—0,6	0,5—3,1	—	—
Talk $H^2Mg^3Si^4O^{12}$	—	—	27,4—32,5	0—5,8	—	1—11,7
Serpentin	—	—	39,2—42,8	—	—	Spur—8,0
Zeolithe	0—4,9	0—15,4	—	0,4—32,8	—	—
Calcit $CaCO^3$	Spur—0,3		Spur—8	48—56	—	—
Dolomit $(CaMg)CO^3$	—	—	21,8	30,4	Spuren	Spuren
Gyps $CaSO^4+2aq$	—	—	—	32,6	—	—
Phosphorit (Apatit) $3Ca^3P^2O^8+Ca(ClFl)^2$	0—0,2	0—0,3	0—0,2	41,0—53,8	—	—
Diallag $(CaMgFeMn)SiO^3$	—	—	13,0—32,6	0—21,8	0—1,0	1,0—13,5
Hypersthen $(MgFe)SiO^3$	—	—	11,0—25,8	0—20,0	0—6,3	10,9—
Olivin $(MgFe)^2SiO^4$	—	0—3,0	3,0—50,6	—	0,1—8,3	8,0—54,7
Nephelin $(NaK)^2Al^2Si^2O^8$	6,5	17,0	—	—	—	—
Skapolith (Wernerit) $Ca^6Al^8Si^9O^{36}$	0,1—1,3	0,7—8,9	0—3,0	15,0—24,3	0—0,8	0—5,1
Leucit $K^2Al^2Si^4O^{12}$	0,2—20,5	0,09—0,6	—	0—11,9	—	—
Granat $R^3R^2Si^3O^{12}$	—	—	0—13,4	0—37,2	0—43,3	0—42,3
Epidot $H^2Ca^4(AlFe)^6Si^6O^{26}$	0,2	0,3	0,2	22,6	—	—
Turmalin $(MgFeH^2K^2Na^2)Al^2B^2Si^4O^{20}$	0,3—0,7	1,2—2,6	0,7—14,8	0—1,6	0—1,5	0—9,5
Magneteisen $FeO+Fe_2O_3$	—	—	—	—	—	27,8—28,4
Steinsalz	—	40,0(Na)	—	—	—	—

Mineralien, welche als Gebirgsgesteine oder deren Gemengtheile vorkommen.

Eisenoxyd	Thonerde	Kieselsäure	Phosphorsäure (nach Angaben A. Stöckhardt's)	Schwefelsäure	Kohlensäure	Chlor	Wasser	
—	—	100	—	—	—	—	—	
,18—1,6	16,5—20,9	64,23—67,20	1,70	—	—	—	0,24	
0—2,5	21,2—23,9	61,55—66,86	—	—	—	—	0,3—0,5	
0,3—3,5	26,6—29,8	52,2—54,7	—	—	—	—	0,4	
0,4—8,8	30,1—36,2	43,4—51,7	—	—	—	—	0,9—6,2	
5,4—19,0	12,6—18,5	39,6—40,9	—	—	—	—	—	
—	0,4—16,4	40,3—58,7	—	—	—	—	0,3—3,0	
0—0,4	0,4—15,3	39,3—56,8	—	—	—	—	0,1—9	
4,6	20,1—21,8	24,6—26,3	—	—	—	—	10,5—12,0	
—	36,8—39,8	45,9—48,7	—	—	—	—	12,4—14,0	
—	0—5,3	62,6—63,0	—	—	—	—	4,3—5,8	
—	—	44,0—44,3	—	—	—	—	12,8—13,5	
0—1,5	Spur—29,4	36,8—57,6	—	—	—	—	2,9—19,2	
0,5—5,8		0—9,2	Spur—0,8	0—0,2	38—44	—	—	
—	—	—	—	—	47,8	—	—	
—	—	—	—	46,5	—	—	20,9	
0—0,3	0—1,8	0—1,0	36,7—44,1	Spur	0—4,2	Spur	0—1,4	
—	0—6,6	47,1—58,4	—	—	—	—	0—6,5	
3,9	0—4,0	46,1—58,2	—	—	—	—	0—1,0	
—	0—0,1	29,3—40,4	—	—	—	—	—	
—	35,3	41,2	—	—	—	—	—	
0—3,7	24,5—32,8	39,9—57,6	—	—	—	—	0—1,7	
—	22,3—25,0	53,3—57,1	—	—	—	—	—	
0—30,5	0—22,4	36,0—42,4	—	—	—	—	—	Fluor 1,6—2,5
15,5	19,2	37,9	—	—	—	—	2,5	Borsäure 4,8—9,0
0—11,0	30,8—43,1	36,5—38,8	—	—	—	—	—	
9,8—71,8	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	60,0	—	

b) Zusammengesetzte krystallinische Gesteine.

Die gemengten krystallinischen Massengesteine, welche auch das Material für die Bildung der klastischen Felsarten oder Trümmergesteine geliefert haben, können mannigfaltig gruppirt werden. Der chemischen Zusammensetzung nach unterscheidet man eine kieselsäurereiche und eine kieselsäurearme Gruppe, erstere umfasst die kiesel- thon- alkalischen Gesteine (Acidite), letztere die kiesel-eisen- kalkigen Gesteine (Basite). Der mineralogischen Zusammensetzung nach gruppirt man sie in feldspathreiche, glimmerreiche, hornblendereiche und augitreiche Gesteine. Folgen wir letzterer Eintheilung.

Feldspathreiche Gesteine. Der Granit ist ein grob- bis feinkörniges Gemenge entweder von Orthoklas, Quarz und Kaliglimmer oder von Oligoklas, Quarz und Magnesiaglimmer. Die Zahl der im Granit accessorisch auftretenden Mineralien ist sehr gross, die bemerkenswerthesten sind: Turmalin, Granat, Andalusit, Beryll, Pinit, Titanit, Topas, Gold u. s. w. Der Granit ist ein durchaus massives Gestein und seine Verbreitung eine ausserordentlich grosse.

Syenit ist ein körnig-krystallinisches Gemenge aus Orthoklas, Oligoklas und Hornblende oder an deren Stelle Glimmer oder Augit. Man unterscheidet demgemäss Hornblendesyenit, Augitsyenit und Glimmersyenit. Accessorisch finden sich Apatit, Magnetit, Eisenkies und Epidot. Die Syenite gehen leicht in andere Gesteine über, so in Granite durch Aufnahme von Quarz, durch Zurücktreten des Orthoklas und Hervortreten des Oligoklas in Diorite und Diabase.

Der Gneiss unterscheidet sich nur durch seine schieferige Structur vom Granit, die constituirenden Gemengtheile sind für beide Gesteine dieselben. Man unterscheidet kieselsäurereiche und kieselsäurearme, graue und rothe Gneisse. An accessorischen Gemengtheilen ist der Gneiss ärmer als der Granit; die häufigsten Gemengtheile sind: Granat, Turmalin, Saphir, Apatit. Petrefakten sind bisher in dem Gneiss nicht gefunden worden. Seine Verbreitung ist eine sehr grosse; die Bergformen zeigen meist einförmige, flache, runde Kuppen, sehr oft von tiefen und scharfen Felsenthälern durchschnittene Bergmassen mit steilen Hängen, scharfen Kämmen und spitz emporragenden Kegeln.

Granulit ist Granit oder Gneiss ohne Glimmer, er ist schiefrig, fein- bis mittelkörnig und enthält viele kleine Granaten eingestreut; sonst ist der Granulit an accessorischen Gemengtheilen arm.

Die Felsitporphyre zeigen eine dichte Grundmasse, in welcher Orthoklas allein oder Orthoklas und Quarz eingebettet

liegen. In ersterem Falle kann die Grundmasse Quarz enthalten, oder auch nicht. Demgemäss unterscheidet man Quarzporphyre, eigentliche Felsitporphyre und quarzfreie Orthoklasporphyre. Einlagerungen sind nicht sehr häufig; im Allgemeinen wären zu nennen: Eisenkies, Magnetit, Granat, Turmalin, Chlorit, Pinit, Kalkspath. Die Porphyre sind durchaus massige Gesteine und ihre charakteristische Lagerungsform sind Gänge.

Die Trachyte bestehen aus einer meist rauhen, porösen, feinkrystallinischen oder dichten Grundmasse, in der grössere Krystalle von Sanidin, Hornblende und Glimmer porphyrisch ausgeschieden liegen. Die Farbe der Grundmasse ist verschieden, jedoch herrschen hellere gelbe, graue und röthliche Farben vor. Es sind massige Gesteine, die häufig eine Absonderung in Platten und Bänken zeigen und sehr gewöhnlich die glocken- oder domförmigen Berge der neueren und neuesten Vulcane zusammensetzen.

Die Phonolite sind zusammengesetzt aus einer dichten, kleinkrystallinischen, compacten oder auch rauh porösen Grundmasse und in dieser ausgeschieden liegenden Krystallen von Sanidin, Hornblende, Nosean oder Magnetitkörnchen. Die Grundmasse besteht aus einem innigen Gemenge des in Salzsäure nicht löslichen Feldspathes, des Sanidins, und einer in Salzsäure zersetzbaren Substanz, des Nephelins, noch mit einer aus der Zersetzung des Nephelins entstandenen zeolithischen Substanz gemengt. Die Farbe der Grundmasse ist vorherrschend gelbgrau oder grüngrau. In den Hohlräumen erscheinen häufig schöne Zeolithe, Kalkspath und Arragonit. Der Phonolith lässt sich bei seiner grossen Neigung zu schiefriger, dünnplattiger Absonderung leicht in schöne Tafeln spalten, die hell klingen, wenn man sie mit dem Hammer trifft (Klingstein); er zeigt zuweilen ausgezeichnete, säulenförmige Absonderung, meist sehr regelmässige, kegelförmige Kuppen mit steilen Abhängen und zackigen, klippigen Felsformen.

Glimmerreiche Gesteine. Der Glimmerschiefer ist ein Gemenge von Quarz und Glimmer, die in abwechselnden Lagen geordnet sind. Das Mengenverhältniss zwischen Quarz und Glimmer wechselt ausserordentlich, an accessorischen Gemengtheilen ist der Glimmerschiefer sehr reich, die bemerkenswerthesten sind: Granat, Feldspath, Hornblende, Turmalin, Smaragd, Chlorit, Apatit, Graphit, Eisenkies. Die Drusenräume sind erfüllt von schönen krystallisirten Mineralien, besonders Zeolithen. Der Glimmerschiefer erscheint in gewaltiger Verbreitung und mächtigen Gebirgsmassen als das wesentlichste Glied der altkrystallinischen Schieferformation.

Der weiche, lauchgrüne Chloritschiefer ist meist sehr schön ebenflächig geschichtet und tritt auf Lagern und Stöcken

zusammen mit Talkschiefern, Gneiss, Glimmer- und Thonschiefern auf. Ausser Chlorit enthält er meist Quarz, auch Feldspath, Glimmer und Talk. Er ist reich an accessorischen Gemengtheilen, namentlich tritt Magnetit, Bitterspath, Turmalin, Granat, Hornblende, Eisenkies, Kupferkies u. s. w. auf.

Thonschiefer ist ein Gestein von feiner Textur, dessen krystallinische Beschaffenheit oft für das Auge nicht sichtbar ist; er ist von matter oder nur schwach glänzender Oberfläche und wenn auch in vielerlei Farben vorkommend, doch meist schwarz. Seine Bestandtheile sind Thon, gemengt mit mehr oder weniger Quarz und feinen Glimmerschüppchen. Manche Thonschiefer sind sehr reich an Carbonaten, die meisten enthalten wohlerhaltene Reste von Organismen. Die bemerkenswerthesten Varietäten des Thonschiefers sind: Dachschiefer, Griffelschiefer, Wetzschiefer, Alaunschiefer, Kohlenschiefer und Schieferthon.

Hornblendereiche oder **dioritische Gesteine.** Der Diorit ist ein krystallinisch-körniges Gemenge aus Feldspath und Hornblende. Man unterscheidet Diorite, in welchen kalkarme, aber magnesiareiche Hornblende mit Oligoklas und solche, in welchen Kalk und meist auch eisenreiche Hornblende mit kalkreichen Feldspathen verbunden ist. Accessorisch treten auf: Granat, Pistacit, Titanit, Magnetit und Eisenkies. Die Diorite erscheinen als massiges Gestein und am häufigsten in Gängen, ihre Verbreitung ist keine sehr grosse; sie finden sich in den Gebieten der krystallinischen Schiefer, der Granite und der älteren Formationen.

Augitreiche Gesteine. Die Melaphyre sind meist feinkörnige bis dichte, stets quarzfreie Gesteine, welche aus einem Gemenge von vorwaltendem Feldspath, Augit, Olivin, Magnetit oder titanhaltigem Magnetit und einem grünen, wasserhaltigen Eisenoxydulsilicat bestehen. Ihre Farbe ist eine dunkle. Die Melaphyre sind stets massige, ungeschichtete Gesteine, plattenförmige Lager von ihnen finden sich zuweilen in gewaltiger Ausdehnung und Mächtigkeit zwischen den Schichten der Steinkohlenformation und der Dyas.

Gabbro ist ein granitisch-körniges Gemenge von Labrador und Diallag. Zwischen den Gemengtheilen erscheint keine Zwischenmasse. Der Labrador ist meist weiss und ziemlich glänzend; der Diallag grau, braun, olivengrün und in undeutlichen tafelartigen Krystallen. Ein charakteristischer Bestandtheil vieler Gabbros ist der Olivin, accessorisch kommen Hornblende, Augit, Granat, Serpentin, Magnetit, selten Quarz vor. Sie sind massige, unregelmässig zerklüftete Gesteine, oft mit unvollkommen schiefriger Structur und bilden mächtige Stücken in Graniten, Gneissen und Glimmerschiefern.

Der Hyperit (Hypersthenit) ist ein granitisch-körniges Gemenge aus Labrador mit Hypersthen. Accessorisch erscheint Hornblende, Magnetit, Eisenkies, Granat, Glimmer und zuweilen Apatit. Die Hyperite sind massige, stets ungeschichtete Gesteine von nicht grosser Verbreitung.

Diabas ist ein krystallinisch-körniges Gemenge von Feldspath mit Augit und Chlorit und Titankiesen. Die eigentlichen Diabase sind quarzfrei, die quarzhaltigen nennt man Quarzdiabase. Calcit fehlt den Diabasen fast nie, sie sind massige Gesteine ohne jede Spur von Schichtung und zeigen eine weit grössere Verbreitung als die Diorite, namentlich in der sogenannten Uebergangsformation.

Die Basalte sind dunkelgefärbte Gesteine, als deren wesentliche Gemengtheile Augit und Magnetit oder Titaneisen auftreten und die als charakteristischen accessorischen Gemengtheil Olivin enthalten. Ausserdem finden sich in den verschiedenen Basaltvarietäten: Feldspath, Nephelin, Leucit und Glimmer. Die mittel- bis grobkörnigen Basalte nennt man Dolerite, die zwar noch körnigen, aber in den einzelnen Gemengtheilen nicht mehr unterscheidbar ausgebildeten: Anamesite, die dem blossen Auge homogen erscheinenden: Basaltite. Die Basalte erscheinen stets massig, ungeschichtet. Basaltische Gänge finden sich in den Gesteinen aller Formationen. Bezeichnend für die Basalte ist die Absonderung ihrer Felsmassen in oft sehr regelmässige, 5—7seitige Säulen, Platten, Kugeln und Knollen von oft gewaltiger Grösse.

B. Klastische Gesteine.

Wie schon oben ausgesprochen wurde, versteht man unter klastischen Gesteinen solche, welche aus den Zerstörungsproducten krystallinischer Gesteine dadurch entstanden sind, dass Wasser die lose unter und zwischen einander liegenden grösseren oder kleineren Trümmer entweder durch sich allein oder durch Substanzen, welche es gelöst oder geschlämmt enthält, verkittet. Der Grösse der verkitteten Trümmer nach unterscheidet man Conglomerate und Breccien (Trümmer mindestens von der Grösse einer Haselnuss) und Sandsteine (Trümmer höchstens von der Grösse einer Erbse); der Art der verkitteten Trümmer nach: einfache Conglomerate und zusammengesetzte Conglomerate; nach der Art des Bindemittels: ganz klastische Gesteine (Bindemittel erdiger Natur) und halb klastische Gesteine (Bindemittel aus einem krystallinischen Minerale bestehend und aus einer wässrigen Lösung ausgeschieden). Das Bindemittel der ganz klastischen Gesteine ist entweder die nur mechanisch zer-

kleinerte Masse von den in ihr vorhandenenen Felsartentrümmern (z. B. die vulcanischen Tuffe) oder der unlösliche Zersetzungsrückstand von gänzlich verwitterten Gesteinen (z. B. die Kaolin-, Thon-, Mergel- und Eisensandsteine). Die halb klastischen Gesteine (eigentliche Tuffe) unterscheidet man nach der mineralischen Beschaffenheit ihres Bindemittels, so gibt es z. B. Kalk-, Gyps-, Eisenspath, Kieseltuffe.

Tabelle über die chemische Zusammensetzung

Namen der Gesteine	Kali	Natron	Magnesia	Kalkerde	Manganoxydul
Granit	0,4—8,1	0,04—6,3	0—4,3	0,4—7,5	0—1,4
Gneiss	0,6—5,3	0,5—4,0	0,1—2,6	0,2—5,6	0—0,6
Glimmerschiefer	0,8—5,5	0,3—4,0	0,2—10,9	0—4,9	—
Thonschiefer	0,2—6,1	Spur—5,9	Spur—11,7	0—13,7	0—0,5
Syenit	0,8—6,5	0—6,2	0,5—4,3	0,5—10,0	0—0,9
Granulit	1,5—7,7	0—7,0	0—4,2	0,9—5,0	Spur—2,3
Felsit-Porphyr	0—13,6	0—7,5	0—3,5	0—4,4	0—0,9
Trachyt	0,05—8,8	2,1—9,7	0,08—5,4	0,1—10,8	—
Diorit	0,1—3,2	0,5—7,9	2,0—9,7	5,4—9,5	0—0,5
Hyperit	0,2—3,3	1,2—5,2	2,7—10,0	5,7—14,9	0,5—1,1
Melaphyr	0,6—3,7	2,0—6,9	0,5—8,4	1,8—10,5	Spur—0,1
Dolerit	0,2—3,6	1,0—4,2	0,5—9,5	5,1—14,6	Spur—2,9
Basalt	Spur—4,3	Spur—7,3	0,2—11,8	4,0—16,0	0,01—1,84
Gabbro	0,2—2,5	0,8—3,7	1,5—11,5	3,5—13,1	0—0,3
Diabas	1,1—7,6	0,6—6,1	0,9—6,4	4,7—8,8	—
Phonolith	1,1—9,5	2,5—11,4	0—3,0	0,03—14,8	0—1,4
Alaun- und Brandschiefer	0—4,5	0—0,4	1,0—2,1	0,1—1,0	—
Schieferthon	1,4—3,2	0,3—0,8	0,6—0,9	0—0,1	—
Chloritschiefer	Spuren	Spuren	12,0—41,5	0—1,0	0—0,5
Hornblendeschiefer	0,5—1,2	0,8—3,4	1,2—4,7	0,5—11,9	0—0,4
Pechstein	0,5—4,1	1,3—7,1	0—1,6	Spur—4,6	0—2,1
Sandsteine	0—1,1 (in schwedischen Sanden fand A. Müller bis 3,95% Kali u. bis 2,47% Natron)	—	0—1,5	0—14,0	—

Die aus der Verkittung der nur erdigen Verwitterungsrückstände, vor allen des dazu geeigneten Thones, hervorgegangenen klastischen Gesteine heissen je nach dem Hauptmaterial, aus dem sie gebildet wurden: Schieferthon, Mergelschiefer und Lettenschiefer. Sie sind in der Regel reich an organischer Substanz (Bitumen), aus diesem Grund dunkel gefärbt und erscheinen meist in Verbindung mit Conglomeraten und Sandsteinen.

der wichtigsten zusammengesetzten Gesteine.

Eisenoxydul	Eisenoxyd	Thonerde	Kieselerde	Phosphorsäure nach Angaben A. Stöckhardt's u. Nesslers	Schwefelsäure	Kohlensäure	Wasser
0—7,0	0—9,4	7,0—20,0	55,2—81,7	0,58	—	—	0—1,8
0,8—9,5		10,8—21,1	58,9—76,5	0,25—0,78	—	—	0—4,1
0—6,5	0—19,7	6,0—26,7	48,7—82,4	—	—	—	0,5—5,2
2,6—14,0		9,7—36,0	46,5—78,0	—	—	—	1,0—5,5
0—14,3	0—11,1	10,1—20,7	49,4—72,2	0,18	—	—	0—1,8
0—6,7	0,4—7,0	8,3—15,3	53,6—73,7	0,63	—	—	0—0,4
0—14,8	0—5,5	8,2—20,3	54,8—81,0	0,21	—	—	0—3,6
1,3—15,6		7,7—22,6	52,8—78,9	0,36—0,66	—	—	0—2,7
0—16,2	0—10,0	12,7—22,1	46,2—63,4	—	—	—	0,4—1,9
4,8—16,8		12,5—18,0	45,2—56,2	—	—	—	0,7—2,7
3,9—14,6		10,5—23,7	51,2—62,7	0,30	—	—	0,8—2,8
8,3—18,0		6,1—26,1	41,6—57,9	0—1,10	—	—	0—4,7
5,5—23,3		10,3—28,6	36,6—55,8	1,11	—	—	0,5—7,4
5,8—17,8		8,9—21,4	43,5—54,5	—	—	—	0,2—5,8
10,0—17,8		13,2—20,5	42,8—58,7	—	—	—	1,5—5,8
0—9,0	0—5,4	15,1—24,0	50,0—62,6	0,16—0,24	—	—	0,6—8,3
0,8—10,1 Schwefelkies	0,5—5,8	10,7—21,6	50,1—65,4	—	—	—	0—6,9
4,7—5,6		16,7—21,7	61,9—72,9	—	—	—	—
0—26,8	0—10,1	3,5—19,8	31,5—42,0	—	—	—	9,2—11,2
0—14,3	0—27,5	13,3—26,3	48,6—54,7	—	—	—	0—1,8
0—3,8	0—5,6	9,2—12,7	63,5—75,7	—	—	—	5,9—8,0
—	0,5—7,7	0—4,9	60,3—98,5	—	—	—	—

2. Die Ursachen der Zertrümmerung und Verwitterung der Gesteine.

Die erste Veranlassung zur Zertrümmerung und Verwitterung der Gesteine können entweder für sich oder vereint sein: Der Wechsel der Temperatur, die Bewegung des Wassers oder Eises, die chemische Wirkung des Wassers und der Luft und vegetabilisches und thierisches Leben. Im Verlaufe des Processes treten dann noch andere Ursachen hinzu, die namentlich in der gegenseitigen Einwirkung von gewissen Verbindungen, welche sich bilden, zu suchen sind.

Der Wechsel der Temperatur. Schon durch die allmälige Abkühlung des Erdballes und die dadurch bewirkte Berstung der festen Kruste werden Brüche und Gliederungen hervorgerufen, die die erste Veranlassung des Zusammenbrechens der Felsen werden können. Die verschiedenartige Zusammensetzung der krystallinischen Gesteine und die dadurch bedingte verschiedenartige Ausdehnung und Zusammenziehung, welche sie durch Abwechselung von Hitze und Kälte erleiden, dann auch die ungleiche Ausdehnung und Zusammenziehung desselben Krystalles nach verschiedenen Axen sind weitere Ursachen der Zertrümmerung. Ganz besonders wirksam wird aber die Temperaturerniedrigung bei Gegenwart von Wasser. Eine mit Wasser gefüllte verstopfte Flasche zerspringt, wenn man das Wasser gefrieren lässt, weil das Eis einen grösseren Raum einnimmt, als das Wasser. Die Kraft, welche sich durch die Raumausdehnung des Eises äussert, ist eine ungeheure und vermag die grössten Felsblöcke zu sprengen, ebenso wie sie in weniger sichtbarer aber nicht minder wichtiger Weise auf die Oberfläche von Steinen einwirkt und Körnchen für Körnchen ablöst. Anfänglich nur schwache Felsenrisse, in denen angesammeltes Wasser gefriert, werden zu immer breiter klaffenden Spalten.

Bewegung durch Wasser und Eis. Zunächst wirkt das Wasser durch seine mechanische Kraft auf die Zertheilung der Massen, sei es, indem atmosphärische Niederschläge mit höchster Kraft und in anhaltender Menge sich ergiessen und die Fluthen über die mannigfachen Höhenabstufungen der Gebirge herabstürzen, sei es, dass die durch Stürme aufgeregten Wogen des Meeres, der Ströme und Flüsse gegen die Ufer anprallen, deren Felsen aushöhlen, untergraben und zerbröckeln und die abgelösten Stücke fortrollen, die dann ihrerseits die Felsen und Gesteine, über welche sie dahin geführt werden, abschleifen und so allmälig tiefe Rinnsale in die härtesten Felsen schneiden. Nicht nur als das vornehmste, sondern auch als das stärkste und furchtbarste Element bezeichnet schon Pindar das Wasser. Eines der schönsten und

grossartigsten Beispiele von der zerstörenden Kraft des Wassers ist die Nordseeinsel Helgoland — noch einige Jahrhunderte und von der kühnen Felseninsel ist vielleicht nichts mehr übrig als der Name.[1]) Das Elbethal zwischen Bodenbach und Dresden, das Donauthal zwischen Passau und Krems, die Canons des Colorado des Green River in Californien, der Niagarafall geben weitere instructive Belege von der gewaltigen Kraft und Arbeit, mit welcher das Wasser die festesten Gesteine zerreibt und zertrümmert. Aber auch der einzelne Wassertropfen, fortwährend auf das Gestein fallend, höhlt dieses im Laufe der Jahrhunderte aus und selbst ganz ruhig fliessendes Wasser bewirkt an seinen noch so festen Ufergesteinen ähnliche Erscheinungen.

Unter die mechanischen Wirkungen des Wassers ist auch sein Erweichungsvermögen zu zählen. Das Wasser erweicht namentlich den Thon der Thongesteine und Gesteine mit thonigem Bindemittel, bedingt deren Zerfallen in kleinere Gesteinsmassen und kann so die furchtbarsten Bergstürze und Bergschlüpfe veranlassen.

Die Wirkungen, welche das flüssige Wasser bei seinem raschen Herabfliessen an den Bergabhängen auf die Felsgesteine hervorruft, werden nicht minder bemerkbar bei den Eisströmen, welche man Gletscher nennt. Die Gletscher bewegen sich zwar nur langsam fort, aber durch die Gewalt ihrer Massen üben sie grossen Einfluss auf die Zertrümmerung des Felsgesteins. Die durch das Gewicht des anhängenden Eises von den höheren Berggipfeln abgebrochenen Felstrümmer, welche auf die Ränder des Gletschers fallen, werden selbst Theile des letzteren und folgen seinen Bewegungen. Bei der Fortbewegung wird das Eis auf sich selbst gerieben und geschoben und die eingebetteten Steine zerbrechen und zermalen sich gegenseitig in kleinere Trümmer und Staub. Das felsige Bett des Gletschers wird gebrochen und gefurcht durch die in seine Seite und in seine Grundfläche eingefrorenen Steine. Gelangt der Gletscher bis zur Stelle, wo das Eis schmilzt und löst er sich in Bäche und Ströme auf, so ist deren Wasser stets stark mit Erde beladen und deren Lauf auf viele Meilen mit abgeriebenem Steingerölle übersäet. Welche Massen von Steinen und Erde die Flüsse und Ströme mit sich führen können, mögen einige Zahlen belegen. Der Rhein setzt oberhalb Germersheim bei einer Wassermenge von 1200 Cubikmeter pr. Sec. auf 1 laufenden Meter Flusslänge 1000 Cubikmeter Kies in Bewegung und führt diese Menge jährlich um 275 Meter weiter flussabwärts. Die Menge des bei Hochwasser mitgeführten Schlammes beträgt

1) Andere Beispiele siehe Fallou, Pedologie S. 44.

jährlich 1944000 Cubikmeter. In ähnlicher Weise hat man berechnet, dass der Ob, der Jenissei und die Lena, die drei grössten Flüsse des nördlichen Asiens, in 500 Jahren 7,4 Cubikmeilen Land ins Eismeer tragen, und dass der Mississippi dem mexicanischen Golf jährlich 3702758400 Cubikfuss fester Stoffe zuführt, eine Masse, welche eine englische Quadratmeile 268 Fuss tief bedecken würde. Die Masse, welche der Ganges jährlich in den bengalischen Meerbusen führt, wurde auf 6368000000 Cubikfuss berechnet. Die Rhone, welche vorzugsweise von den Gletschern der Alpen gespeist wird, führt solche Massen Erdtheile mit sich, dass ihr schlammiges Wasser 6—7 englische Meilen, nachdem es sich in das Mittelländische Meer ergossen, noch wahrgenommen wird.

Die chemische Wirkung von Wasser und Luft. Auf chemische Art wirkt das Wasser durch seine Lösungen und Verbindungen. Indem es in die feinsten Ritzen der Gesteine dringt, und daselbst alle durch Wasser löslichen Stoffe aufnimmt, bewirkt es ein Zerfallen oder allmäliges Erweichen der Gesteine in lockere, erdige Massen. Die lösende Kraft des Wassers wird bedeutend erhöht, wenn es, wie gewöhnlich, Kohlensäure, Sauerstoff und gewisse Salze aufgelöst enthält. Die Kohlensäure insbesondere wirkt lösend auf die in reinem Wasser ganz unlöslichen kohlensauren Salze der Kalkerde, Talkerde, des Eisen- und Manganoxyduls und es erklärt sich hieraus auch die im Laufe der Zeiten erfolgende Auflösung ganzer Kalkfelsen. Der Vorgang hierbei ist der, dass der unlösliche, einfach kohlensaure Kalk, aus dem der Kalkstein besteht, durch die Kohlensäure des Wassers in doppeltkohlensauren Kalk umgewandelt wird, der in Wasser löslich ist. Kocht man solches Wasser, das nun doppelt kohlensauren Kalk aufgelöst enthält, so verflüchtigt sich wieder ein Theil der aufgenommenen Kohlensäure und es entsteht wieder einfach kohlensaurer Kalk, der sich als unlösliches weisses Pulver ausscheidet, wie es oft beim Kochen von Brunnenwasser beobachtet werden kann; eine gleiche Abscheidung erfolgt durch Entweichung eines Theiles der Kohlensäure auch bei gewöhnlicher Temperatur. Lösend wirkt ferner die im Wasser gelöste Kohlensäure auf phosphorsaure Kalkerde, phosphorsaure Magnesia und phosphorsaures Eisenoxyd, kieselsaures Eisenoxyd, kieselsaures Kali und Natron, kieselsaure Magnesia, Kalkerde und kieselsaures Eisenoxydul. Sind diese Stoffe in Gesteinen enthalten, so werden sie durch kohlensäurehaltiges Wasser aus ihnen ausgezogen; verdunstet dann die Kohlensäure, so schlagen sich diese Stoffe wieder nieder.

Wir haben oben gesehen, dass sich die Kohlensäure des Wassers mit einem Bestandtheil des Gesteines zu einer neuen Verbindung

vereinigen kann (doppelt kohlensaure Kalkerde). Auch das Wasser selbst, wie der vom Wasser absorbirte Sauerstoff, kann sich mit Bestandtheilen der Gesteine direct verbinden. So entsteht durch Einwirkung von Sauerstoff und Wasser aus dem Eisenoxydul der kieselsauren Verbindung: Eisenoxydhydrat.

Die neu entstandenen Verbindungen sind in reinem oder kohlensäurehaltigem Wasser löslich oder auch unlöslich und erleiden eventuell noch weitere Umsetzungen durch das kohlensäurehaltige Wasser jedenfalls erfolgt aber eine Umbildung der ursprünglichen Gesteinsubstanz. So sehen wir denn, dass das Wasser, wie es in der Natur vorkommt, namentlich durch seinen Kohlensäuregehalt selbst Silicate zersetzen kann. Es muss auf die Wirkung der Kohlensäure als eines der wichtigsten Zersetzungsmittel der Gesteine sonach ganz besonders hingewiesen werden.

Die Luft wirkt auf die Verwitterung der Gesteine hauptsächlich durch zwei ihrer Bestandtheile, nämlich die Kohlensäure und den Sauerstoff. Ueber den Einfluss der Kohlensäure ist das Wichtigste eben mitgetheilt worden. Die Wirkung, welche der Sauerstoff bei der Verwitterung ausübt, beruht auf seiner Eigenschaft, die niederen Oxydationsstufen des Eisens und Mangans in Verbindungen mit mehr Sauerstoff, Eisen- und Manganoxydul in Eisen- und Manganoxyd umzuwandeln. Diese Oxydation bewirkt eine Raumausdehnung genannter Verbindungen und es müssen schon dadurch Sprünge und Risse im Gesteine erfolgen; der Zusammenhang wird unterbrochen und endlich das Zerfallen herbeigeführt. Ungemein wichtig und sehr viele anderweitige Umsetzungen hervorrufend ist die oxydirende Wirkung des Sauerstoffs auf Eisenkies, der unter Zutritt von Wasser in Eisenvitriol und freie Schwefelsäure sich umsetzt. Durch diese im Bodenwasser gelösten Oxydationsproducte werden umgewandelt: kohlensaurer Kalk in Gyps, Dolomit in Bittersalz (schwefelsaure Magnesia), Kochsalz in Glaubersalz (schwefelsaures Natron), Chlorit und Talk in Bittersalz und Kieselsäure, Thon in schwefelsaure Thonerde und Kieselsäure, unlöslicher dreibasisch phosphorsaurer Kalk in Gyps und löslichen phosphorsauren Kalk u. s. w. Wie bedeutend alle diese Vorgänge auf die Zersetzung der Felsmassen wirken müssen, ist wohl unschwer einzusehen.

Nebst den hier aufgezählten, in erster Reihe stehenden Verwitterungsursachen wären noch viele andere anzuführen, doch möge es hier genügen hervorzuheben, dass alle jene Salzlösungen, die sich im Bodenwasser finden, und die Lösungen jener Stoffe, die wir als Dünger dem Boden einverleiben, auf unlösliche Verbindungen der Kieselsäure, namentlich die mit Alkalien lösend wirken, so alle

Ammoniaksalze, Kali- und Natronsalpeter, Kochsalz, Chlorcalcium, Gyps u. s. w. Sehr wichtig ist auch die energische Wirkung des gebrannten Kalkes, er entbindet aus alkalischen Silicaten (Feldspath, Glimmer, Leucit u. s. w.) Kali und Natron.

Natürlich bedingt die Art der chemischen Zusammensetzung, die grössere oder geringere Härte, wie die Vereinigungsart der einzelnen Bestandtheile der Gesteine, deren Widerstand gegen die Factoren der Zerstörung.

So wird in Folge seiner mechanischen Zusammensetzung ein grobkörniger Granit leichter zerfallen, als der dichte Basalt. Gesteine mit glatter Oberfläche widerstehen leichter der Verwitterung als poröse. Wie verschieden die Verwitterungswirkung an einem und demselben Gesteine ist, zeigt sich deutlich beim Granit, dessen Feldspath oft zu einem feinen weissen Thon schon verwittert ist, während sein Glimmer- und Quarzantheil sich noch unzersetzt im Thone vorfinden.

Die Verwitterung der Felsmassen nimmt naturgemäss an deren Aussenflächen den Anfang und verbreitet sich dann um so tiefer in das Innere, je rauher und rissiger die Oberfläche geworden ist. Es blättert die oberste Schichte ab oder wird vom Regen abgeschwemmt und eine neue Lage wird der Verwitterung blossgelegt. Die Tiefe, bis zu welcher die Verwitterung eindringt, wird nach dem Vorbemerkten auch sehr verschieden sein müssen. So soll z. B. der Gneiss in der Nähe von Rio Janeiro und Bahia bis zu 100 Fuss Tiefe verwittert sein; viele der Granitfelsen von Macao sind an ihren Höhen derart verwittert, dass sie wie mit Schnee bedeckt erscheinen.

Um ein Beispiel von der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Verwitterungsstadien eines Gesteines zu geben, seien die von Wolff ausgeführten Analysen des bunten Sandsteines und des Liaskalksteines citirt:

Bunter Sandstein.

	1. feinkörniger, hellröthlich gefärbter unverwitterter Sandstein	2. Steine des Untergrundes	3. Feinerde des Untergrundes	4. Feinerde der Ackerkrume
	Procent	Procent	Procent	Procent
Wasser und organische Substanz	0,6236	2,6190	4,6637	10,9642
Kieselsäure	91,7348	81,8463	78,8766	73,0505
Thonerde	3,7425	7,6152	9,6989	9,1640
Eisenoxyd	1,4891	3,7450	3,0253	2,5463
Manganoxyduloxyd	0,0167	0,5078	0,1450	0,2083
Kohlensaurer Kalk	0,0854	0,0988	0,1050	0,2300
Kalk	0,0949	0,0876	0,0745	0,1158
Magnesia	0,1114	0,2555	0,1616	0,2167
Schwefelsäure	0,0095	0,0093	0,0080	0,0304
Phosphorsäure	0,0249	0,0457	0,0498	0,0940
Kali	1,8925	2,7847	2,6499	2,7214
Natron	0,0825	0,4420	0,3728	0,3859
	99,9078	100,0569	99,8311	99,7275
Gesammt-Kalkmenge	0,1427	0,1430	0,1333	0,2446

Grobsandiger Liaskalkstein.

	1. Unverwitterter, aber schon stark zerklüfteter Kalkstein	2. Auf dem unverwitterten Kalkstein lose aufliegende Gesteinsbröckel	3. Untergrund des Culturbodens	4. Ackerkrume des Culturbodens
	Procent	Procent	Procent	Procent
Wasser und Glühverlust	1,2010	3,6580	7,6970	8,9362
Kieselsäure, unlöslich	15,0913	40,1820	54,5304	55,4569
„ löslich	1,0439	1,6629	11,2359	11,7193
Thonerde, löslich	0,6199	1,1633	7,2517	7,9043
„ unlöslich	0,1301	0,1026	0,8073	1,0710
Eisenoxyd	0,0920	8,7048	9,3935	8,1769
Kohlens. Eisenoxydul	2,8463	—	—	—
Manganoxyduloxyd	0,3633	0,6017	0,7600	0,6600
Kohlensaurer Kalk	77,1607	43,1071	6,2362	2,6400
Kohlensaure Magnesia	1,0437	0,7210	0,3717	0,3927
Kalk	0,0134	0,0255	0,1027	0,1515
Magnesia	0,0148	0,0371	0,3884	0,3740
Phosphorsäure	0,1963	0,5304	0,4833	0,4650
Schwefelsäure	0,0166	0,0475	0,0493	0,0583
Kali	0,1487	0,1641	1,2151	1,5473
Natron	0,0632	0,0579	0,2408	0,3429
	100,0452	100,7660	100,7633	99,8963

Versuche über die relative Verwitterungsdauer und Verwitterungsgrösse sind bis nun sehr vereinzelt gemacht worden. Pfaff, der mit Platten von Jurakalk und Syenit operirte, berechnete, dass um von diesen Gesteinen eine Schicht von der Dicke eines Meters abzulösen,

beim Jurakalk 72800 Jahre,
„ Syenit 731400 „

die Einwirkung der Atmosphäre (incl. Regen) nöthig sein würde.

Dietrich prüfte die relative Verwitterungsfähigkeit von Buntsandstein, Muschelkalk, Basalt und Röth und erhielt nachstehende Resultate:

½ Kubikfuss (0,012 Kubikmeter) der gleich grossen Gesteinsbrocken (ausgeschieden durch 2 Siebe von 8 und 10 Mm. weiten Löchern) lieferten bei 1 Quadrat-F. (0,083 Quadrat-M.) Oberfläche innerhalb 4 Jahren

	Buntsandstein	Muschelkalk	Basalt	Röth	
1. Feinerde (unter ⅓ Mm. Durchm.)	506,2	272	106	580	Grm.
2. Kies (Sieb 1 „ „	94	38	52	270	„
3. „ („ 2 „ „	231,5	276	121	2200	„
4. „ („ 4 „ „	520	650	396	6700	„
5. „ („ 4—7 „ „	4050	6040	6370	6200	„
6. „ (über 7 „ „	19400	12500	15420	2600	„
In Procenten des Gewichtes der Steine hatten sich gebildet:					
Feinerde (1)	2,61	1,38	0,47	3,12	Procent.
Sand (2—4)	4,32	4,87	2,52	49,44	„
in ursprünglicher Grösse blieben (5 u. 6)	93,07	93,75	97,01	47,44	„
Auf einem Qu.-Meter Fläche (bei ½ Fuss = 0,144 Meter Tiefe würden sich gebildet haben (in runden Zahlen):					
Feinerde	6,1	3,3	1,3	7	Klgrm.
Dieselbe würde eine Erdschicht ausmachen von	4,95	2,23	1,09	6,04	Mm. Höhe.

Den vereinigten Einfluss des Wassers, der Kohlensäure, des Sauerstoffes und der von dem atmosphärischen Wasser gelösten Salze auf die Gesteine bezeichnet man als „Verwitterung“.

Bevor wir den Einfluss der vegetabilischen und thierischen Organismen und deren Reste auf die Gesteine und deren Verwitterungsproducte besprechen, seien zunächst die letztern kurz skizzirt.

3. Die Producte der Verwitterung der Gesteine.

a) Verwitterungs-Producte der einfachen krystallinischen Gesteine.

Quarz. Der Quarz widersteht vollkommen den Verwitterungsagentien. Nur durch Temperaturwechsel, gefrierendes Wasser kann er zertrümmert und durch fliessendes Wasser nach und nach zu Pulver zermalmt werden. Verwittern Felsarten, in denen er als Gemengtheil enthalten ist, so bleibt er als Gruss oder Sand der thonigen Masse beigemischt, in welche sich die mit ihm verbunden gewesenen Mineralien zerlegten.

Feldspath. Je nach ihrer Zusammensetzung zeigen die Feldspathe eine sehr verschiedene Verwitterbarkeit. Im Verlaufe der Zeit wird ihnen durch kohlensäurehaltiges Wasser Kali, Natron, Kalkerde und auch ein Theil der Kieselsäure in der Art entzogen, dass zuletzt von ihren Bestandtheilen nur kieselsaure Thonerde oder ein Gemisch von kieselsaurer Thonerde und kohlensaurer Kalkerde mit geringen Mengen von kieselsaurem Kali und Natron als erdigkrümlige Masse übrig bleibt. Diese Verwitterungsproducte heissen Kaolin, Thon, Letten, Lehm, Mergel.

Der Orthoklas verwittert von allen Feldspathen am schwersten und zwar um so schwerer, je weniger er Natron und Eisenoxydul enthält. Viel leichter verwittert in Folge seines Kalkgehaltes der Oligoklas und noch leichter als der Oligoklas der Labrador.

Zeolith. Die Zeolithe verwittern in Folge ihres grossen Gehaltes von Alkalien und alkalischen Erden sehr rasch. Die kohlensäurehaltigen Meteorwasser lösen letztere auf und führen sie fort und es bleibt eine weisse, etwas an der Zunge klebende, fettig oder seifig anzufühlende, weiche Masse, der Seifenthon oder das Steinmark, zurück. Für die Bodenbildung sind die Zeolithe deshalb so wichtig, weil sie die Verwitterung derjenigen Felsarten, in denen sie sehr häufig auftreten (Phonolith, Basalt u. s. w.), durch ihre eigene leichte Zersetzbarkeit befördern.

Die Augit- und Hornblendegruppe verwittert je nach dem grösseren oder geringeren Gehalt ihrer einzelnen Glieder an Kalk und Eisenoxydul leichter oder schwerer. Da die Thonerde in ihnen zurücktritt, so liefern sie keinen eigentlichen Thon, sondern nur Eisenthon, Walkerde oder Lehm. Reichlich treten in den Verwitterungsproducten Eisenverbindungen, kohlensaurer Kalk, Dolomit und kieselsaure Magnesia auf. Augit liefert eine durch Eisenoxyd leder- oder rothbraun gefärbte und gewöhnlich mit kohlensaurem Kalk und oft auch kieselsaurer Magnesia untermengte

kieselsäurereiche Thonsubstanz; Diallag ein kalkloses Magnesiasilicat; Hypersthen Eisenverbindungen (Magneteisenerz, Brauneisenerz); Amphibol eisenschüssigen Thon, Walkerde, Grünerde, Speckstein und Eisenerze.

Die Glimmer verwittern meist sehr schwer und dann in der Regel von innen nach aussen. Die chemische Zusammensetzung hat selbstverständlich den grössten Einfluss auf den Gang der Verwitterung und zwar in der Weise, dass, je mehr das Natron zurücktritt, die Zersetzung um so schwieriger ist, ebenso verwittern die eisenoxydarmen und thonerdereichen Glimmer langsamer als die eisenoxydreichen, rascher verwittern die eisenoxyduloxydhaltigen Glimmer. Die kalireichen Glimmer verwittern schwerer als die kaliarmen und magnesiareichen. Je mehr in dem Magnesiaglimmer die Magnesia zurückgeht und das Eisenoxydul zunimmt, um so leichter ist die Verwitterung. Der am schwierigsten verwitternde Kaliglimmer liefert schliesslich einen durch Eisenoxydhydrat ockergelb gefärbten und mit unzähligen, noch nicht ganz zersetzten Glimmerschüppchen untermengten Thon; der Magnesiaglimmer einen schmierigen, Spuren von kohlensaurer Magnesia und Kalkerde enthaltenden, mit zahlreichen rothen Glimmerschüppchen durchsetzten rothbraunen Thon.

Der Talk scheint vollständig unzersetzbar zu sein, ebenso der Serpentin. Wo Serpentinfelsen zu Tage ausgehen, ist „todtes Gebirge“, wie der Alpenbewohner sagt, sie sehen öde und kahl aus, keine Vegetation schmückt sie, denn es fehlt die Erdkrume.

Calcit zerfällt beim Verwittern nicht nur in kleine Trümmer und endlich in Kalksand, sondern fast immer findet auch eine Auflösung desselben durch kohlensäurehaltiges Wasser statt.

Der Dolomit verwittert sehr schwer und nur da, wo er kohlensauren Kalk oder auch Eisenoxydul beigemengt enthält, sonst werden seine Felsmassen nur durch Frost in ein wildes Chaos von Felstrümmern zersprengt. Der aus Dolomit entstehende Sand ähnelt in seinen Eigenschaften sehr dem Quarzsand. In kohlensäurehaltigem Wasser ist der Dolomit viel schwerer löslich als der kohlensaure Kalk.

Gyps hat als Bodenbildungsmittel nur vorübergehenden Werth, da er sich bald im Wasser des Bodens auflöst, wohl hat er aber in anderer Beziehung, wie sich dies später zeigen wird, hohen Werth für die Landwirthschaft.

b) Verwitterungs-Producte der zusammengesetzten krystallinischen Gesteine.

Granit liefert mit Granitgruss, Feldspathstücken, Quarz-

körnern und Glimmerblättchen mehr oder weniger reichlich untermengten Thon.

Syenit ocker- bis hellledergelben, beim Austrocknen wenig berstenden, leicht zu Pulver zerfallenden, zuweilen mit Hornblendesplittern und Chloritblättchen durchzogenen Thon.

Gneiss einen durch verwitternden Glimmer ockergelb oder rothbraun gefärbten, mit Quarzkörnern, Gneissschieferchen, Feldspathsplitterchen und Glimmerschüppchen untermengten Thon. Glimmerreicher und feldspatharmer Gneiss liefert eine magere, beim Austrocknen zuerst berstende und dann sich blätternde, gewöhnlich braune, von unzähligen Glimmerblättchen erfüllte Lettenthonmasse.

Granulit verwittert langsamer als alle vorgenannten Gesteine und liefert einen zuweilen ganz reinen, mit Quarztrümmern untermengten Kaolin.

Die Verwitterung der Porphyre ist je nach der Zusammensetzung der Grundmasse, nach dem Gefüge, nach der Menge und Art der eingewachsenen Feldspathkrystalle und nach der Zerklüftungsweise der Felsmassen verschieden, im Allgemeinen liefern sie eine mit Quarzkörnern, Felsitsplittern und kaolinisirten Feldspathkrystallen untermengte, unrein lederbraune Thonkrume, welche, wenn der sie producirende Porphyr Kalkoligoklas enthielt, manchmal 2—6 Proc. kohlensauren Kalk besitzt.

Die Trachyte liefern einen blassgraulichgelben oder auch weisslichen, dem Kaolin sehr nahe stehenden Thon. Je nach der Feldspathart, welche in dem verwitternden Trachyte der herrschende Gemengtheil ist, sowie nach den mit dieser Feldspathart verbundenen anderen Mineralarten ist jedoch das Verwitterungsproduct verschieden.

Die Phonolithe geben eine unreine weisse oder weissgraue, mergelartige Krume, welche mit Wasser meist schlammig wird, beim Austrocknen aber nicht berstet, sondern eine krümliche Masse bildet, die an trockner Luft allmälig erhärtet und dann sehr fest wird. Bei feuchter Lage zeigt diese Krume Anlage zur Versumpfung; an mehr trockenen, aber schattigen Orten bildet sie dagegen einen fruchtbaren, 2—5 Proc. kohlensauren Kalk und 5—10 Proc. Natronsalz enthaltenden Boden.

Die Glimmerschiefer verwittern, wenn der vorhandene Glimmer Kaliglimmer ist, zu mit wenig Quarzsand gemischtem, ockergelbem Lehm, welchem gewöhnlich Kieselmehl, Eisenoxydhydrat und unzersetzter Glimmer beigemengt ist; bei Gegenwart von Magnesiaglimmer zu Quarzsand und rothbraunem, mit viel Eisenoxyd und häufig mit Schuppen von Chlorit, Talk oder Knollen von Speckstein untermischtem Lehm.

Der unlösliche Rückstand von der Verwitterung des Chloritschiefers ist wenig Quarzsand und eine magere, viel Eisenoxydhydrat und Magnesiasilicat beigemengt enthaltende, grünlichgraue oder ockergelbe Lettenkrume, in welcher oft auch Chloritblätter und Speckstein vorkommen.

Die Thonschiefer hinterlassen eine wenig Quarzsand enthaltende, aber mit Glimmer-, Chlorit-, Hornblende- oder auch Graphittheilchen untermengte und je nach ihrem grösseren oder kleineren Gehalte von Feldspath bald fettere, bald magere, unreine dunkelgrünlichgraue, schwarzgraue, oder auch ockergelbe bis rothbraune Thonkrume.

Die Diorite geben je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Verwitterungsrückstände. Die ächten Diorite d. h. die Hornblendefelsarten, in welchen kalkarme aber magnesiareiche Hornblende mit Oligoklas verbunden ist, verwittern nur sehr langsam und hinterlassen eine ziemlich fette Lehmkrume, welcher Hornblende- und Oligoklas-, bisweilen auch Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Grünerdeschüppchen, aber keine Quarzkörner beigemengt sind. Die Kalkdiorite, in welchen Kalk- und gewöhnlich auch eisenreiche Hornblende mit kalkreichem Feldspath gemischt ist, verwittern rascher, als die ächten Diorite und liefern eine ockergelbe, 5—10 Proc. Kalk haltende Thonkrume, welche im ausgetrockneten Zustande mürbe bis pulverig-krümelig ist und neben ihrem Kalkgehalte oft auch mehrere Procente kohlensaure Magnesia enthält.

Die Melaphyre verwittern äusserst langsam, ihr Verwitterungsrückstand ist ein intensiv rothbrauner Thon, welcher den Sonnenstrahlen ausgesetzt, sich sehr stark erhitzt, darum auch stark verdunstet und zu einer pulverigen Krume zerfällt. An feuchten Orten ist diese Krume stark bindig und enthält an Stellen, an denen sie nicht ausgelaugt werden kann, oft bis 10 Proc. kohlensauren Kalk.

Die Hyperite geben eine schmutzig-rauchbraune, eisenschüssige, mit Säuren mehr oder weniger stark aufbrausende, 2—5 Proc. kohlensauren Kalk, aber nur Spuren von Natron und Kali haltende Lehmkrume, welche 16—28 Proc. abschlämmbare Hypersthenkörner enthält.

Das Verwitterungsproduct der Diabase ist ein unrein bräunlichgrünlicher, magerer mergeliger Thon.

Die Basalte liefern eine schmutzig grünlichbräunliche, Eisenoxydkörnchen und Augitreste, oft aber auch Grünerde, Chlorit und Speckstein beigemengt enthaltende und mit 3—15 Proc. kohlensaurem Kalk innig vermischte Lehmmergelkrume.

Fassen wir das über die Verwitterungsproducte der krystalli-

nischen Gesteine noch einmal kurz zusammen. — Weder die einfachen noch die gemengten krystallinischen Gesteine liefern reinen Thon oder Kaolin, sondern immer Gemenge von Thon und anderen Verwitterungsproducten wie Eisenoxyd, Magnesiasalzen, Calciten, Kieselerde u. s. w. Wo reine Kaolin- und Thonlager sich finden, sind sie immer durch Schlämmung und Auslaugung von ihren Beimischungen gereinigt worden. Im Allgemeinen sind die orthoklas- oder oligoklasreichen Gesteine als die Haupterzeuger des Kaolins, fetten Thones, des Quarzsandes und der meisten Kalisalze; die hornblende-, hypersthen-, diallag- und augitreichen Gesteine als die Haupterzeuger des mageren, eisenreichen Thones, Lehms und Mergels, sowie der Calcite, Speicksteine, Chlorite und Eisensteine anzusehen, die glimmerreichen Schiefergesteine nähern sich, je nachdem sie Kali- oder Magnesiaglimmer enthalten, rücksichtlich der Verwitterungsproducte bald der einen, bald der andern der vorgenannten beiden Gruppen.

c) Verwitterungsproducte der klastischen Gesteine.

Die klastischen Gesteine haben jedenfalls vor Zeiten ebenso wie der noch gegenwärtig entstehende Verwitterungsschutt den Grund und Boden gebildet, auf welchem die Pflanzenwelt ihren Sitz hatte, und es ist andererseits wahrscheinlich, dass alle unsere in der Gegenwart vorhandenen Bodenarten, Sand-, Thon- und Lehmablagerungen, künftig Conglomerate, Sandsteine und Schieferthone bilden werden. Daher genügen auch mechanische Einwirkungen wie Wasser und Frost, um wenigstens die ganz klastischen Gesteine in Erde zu verwandeln. Ist das Bindemittel der letzteren Thon, so werden sie durch die fortwährende Einwirkung von Wasser in ein Gemenge von thoniger oder lehmiger Erdkrume und Gerölle, Gruss und Sand umgewandelt. Sind weiter verwitterbare Mineralien vorhanden, so hängt von der Natur dieser Gesteine die Fruchtbarkeit des gebildeten Bodens ab, da in der Regel das thonige Bindemittel der klastischen Gesteine durch sein Fortschlämmen im Wasser alle löslichen Substanzen verloren hat und nichts weiter enthält, als kieselsaure Thonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure und hier und da etwas kieselsaure Magnesia. So sind die Sandsteine der älteren Formationen fruchtbarer, als die der jüngeren Formationen, weil letztere mehr Quarz und weniger zersetzbaren Orthoklas, Oligoklas und Hornblende enthalten, als erstere. Die ganz klastischen Gesteine mit mergeligem Bindemittel zerfallen bald in Folge Auslaugung des kalkhaltenden Bindemittels in einen Schutt von mergelig-thoniger

Krume und Geröllen oder Sand. Enthalten sie ausserdem Eisenkiese, so geht durch die Umwandlung dieser in Gyps der Zerfall noch rascher vor sich, ebenso wenn stickstoffhaltige Organismenreste vorhanden sind, die dann salpetersauren Kalk liefern.

Die vulkanischen Tuffe verwittern in ganz gleicher Weise, wie die krystallinischen Gesteine, aus denen sie entstanden sind, nur rascher und massenhafter. Die aus ihnen gebildete Erdkrume ist daher auch der Verwitterungskrume der Basalte, Phonolithe und Trachyte sehr ähnlich, aber reicher an feiner Erdkrume, an kohlensauren und Natronsalzen. Charakteristisch für diese Tuffe ist, dass sie während ihrer Verwitterung auf ihren Klüften und Blasenräumen eine Menge von zeolithischen und thonartigen Mineralien, wie Steinmark, Bergseife, Neolith, sowie von Calcit, Arragonit, Apatit u. s. w. absetzen.

Die eigentlichen Tuffe mit vorwiegend calcitischem und dolomitischem Bindemittel verlieren letzteres durch den Einfluss kohlensäurehaltiger Meteorwasser und liefern so ein loses Gehäufe von Geröllen oder Sand, welches, wenn es aus zersetzbaren Gesteinen besteht, allmälig weiter verwittert, ähnlich den krystallinischen Gesteinen.

4. Die Formbestandtheile der Gesteinstrümmer und Verwitterungsproducte.

Den durch die früher geschilderten Einflüsse aus dem festen Gestein entstandenen Gebirgsschutt theilt man ein in Steinschutt, Erdschutt und gemischten Gebirgsschutt.

Der Steinschutt umfasst alle festen Steinmassen, welche nicht mehr in Verwachsung mit denjenigen Erdrindmassen stehen, denen sie ihrer mineralischen Zusammensetzung nach angehören, welche also lose auf der Erdoberfläche oder in dem Erdboden eingesenkt oder auf dem Grund der Gewässer umherliegen. Man unterscheidet groben Steinschutt, zu welchem alle Steintrümmer von wenigstens Haselnussgrösse gehören, und feinen Steinschutt, zu welchem alle Steintrümmer, welche kleiner als eine Haselnuss sind, gehören. Der äusseren Form nach unterscheidet man: Blöcke, Gerölle, Geschiebe, Gruss und Sand.

Mit Erdschutt bezeichnet man alle diejenigen massiv auftretenden, staubig pulverigen oder erdigen Mineralaggregate, welche das bleibende und unter den gewöhnlichen Verhältnissen in seiner wesentlichen Masse nicht veränderliche Bildungsmaterial derjenigen Erdrindmassen darstellen, aus denen der gegenwärtige, pflanzentragende und ernährende Erdboden besteht.

Der gemischte Gebirgsschutt, welcher die verschiedenen

pflanzentragenden Bodenarten umfasst, ist entweder nur aus Mineralschutt zusammengesetzt und heisst dann Mineral- oder Rohboden, oder besteht aus einem Gemenge von Mineralschutt und sich zersetzenden organischen Massen und heisst dann Humusboden oder Culturboden.

Der Steinschutt.

Die Lagerungsgebiete des Steinschuttes sind entweder primäre, wenn er noch in der nächsten Umgebung seines Muttergesteines lagert, oder secundäre, wenn er an Orten lagert, welche sich mehr oder weniger entfernt von seiner Bildungsstätte befinden und nicht aus denjenigen Felsarten bestehen, aus deren Zertrümmerung er gebildet worden ist.

Den groben Steinschutt, zu welchem alle Steintrümmer von wenigstens Haselnussgrösse gehören, theilt Senft nach seinem äusseren Ansehen und seiner Bildung in schlackigen Schutt, welcher aus vulkanischen Auswürflingen besteht und äusserlich mehr oder weniger angeschmolzen, glasig, schlackig oder schwammig aussieht; frischen oder Sprengschutt, welcher durch gewaltsame Sprengung von Felsmassen, sei es durch gefrierendes Wasser oder durch Bergschlüpfe entstanden ist und äusserlich frisch und scharfkantig aussieht; Bröckel- oder Verwitterungsschutt, welcher aus losgebröckelten Felstrümmern besteht und äusserlich matt und verwittert aussieht, und Schliff- oder Schwemmschutt, welcher vom Wasser angefluthet ist und äusserlich mehr oder weniger abgerundet, glatt und oft scheinbar ganz frisch aussieht.

Die wichtigsten Repräsentanten des groben Steinschuttes sind die erratischen Blöcke der norddeutschen Ebene, welche aus Granit, Gneiss, Syenit, Grünstein, Basalt, Glimmerschiefer, Felsitporphyr, Conglomeraten, Kalksteinen oder Feuersteinen bestehen.

In der Regel ist der Verwitterungsgang dieses Schuttes gleich dem seines Muttergesteines, häufig aber auch in Folge der Einflüsse, denen es bei seiner Wanderung ausgesetzt war, verschieden, so dass er dann ein anderes Verhalten zur Bildung und Fruchtbarkeit des Bodens zeigt, als dem ursprünglichen Gesteinscharakter entsprechen würde.

Der theils auf mechanische Weise, theils durch chemische Einwirkungen entstandene feine Steinschutt umfasst alle Gesteinstrümmer von der Grösse eines Kirschkerns bis herab zu mehlähnlichem Staub. Er wird repräsentirt durch den körnigen und mehligen Sand.

Der Sand bildet lose, in erdfreiem Zustande selbst nicht bei Durchfeuchtung an einander haftende Zusammenhäufungen von

erbsengrossen bis staubfeinen, eckig- oder abgerundet-körnigen oder auch schuppenförmigen, seltener krystallinischen Trümmern von Felsarten der verschiedensten Art, ja bisweilen auch von Conchyliengehäusen, Corallen oder Versteinerungen. Ist der vorwiegende Bestandtheil wohl immer Quarz, so ist doch die Ansicht des gewöhnlichen Lebens, der Sand bestehe eben nur und immer aus Quarzkörnern, eine entschieden zu berichtigende.

Man unterscheidet nach den Arten seiner Hauptgemengtheile quarzreichen, kalkreichen und Lava-Sand. Der quarzreiche Sand enthält in der Regel noch 2—25 Proc. anderer Mineraltrümmer, je nach der Natur der letzteren hat man feldspathhaltigen, glimmerhaltigen, kalkhaltigen und eisenschüssigen Quarzsand. Der kalkreiche Sand enthält 80—95 Proc. kohlensauren Kalkes und hinterlässt bei seiner Lösung in Salzsäure 5—10 Proc. Quarz- oder andere Mineralkörner, oder auch 2—10 Proc. Thon. Der kalkreiche Sand findet sich an den Gehängen kahler Kalkberge und ist dann vorherrschend eckig und grobkörnig oder er besteht aus Conchylienresten und heisst dann Muschelsand, oder er zeigt sich auf dem Grund von Wiesenmooren (Wiesenmergel) als mehlartige Masse. Der Lava-Sand und die Lava-Asche sind in ihrem mineralischen und chemischen Bestand verschieden nach den einzelnen sie producirenden Vulcanen sowie auch nach den in verschiedenen Zeiträumen erfolgten Eruptionen von einem und demselben Vulcane. Im Allgemeinen sind seine Hauptbestandtheile thonerdehaltiger Augit, Kalkhornblende, natronreicher Sanidin, Labrador oder Leucit, öfter auch Anorthit oder Nephelin.

Nach der Grösse seiner Körner unterscheidet man beim Sand:

1. Kies, Grand und Gruss; erbsen- bis hirsekorngrosse, eckige oder abgerundete Körner.

2. Perlsand: hanfkorngrosse, eckige oder abgerundete, Perlen oft nicht unähnliche Körner.

3. Grober Sand: hirsekorngrosse Körner.

4. Feiner Sand: mohnsamengrosse, meist ganz abgerundete und glänzende Körner.

5. Mehl-, Staub- oder Flugsand und Asche: pulver- bis staubförmig, leicht vom Winde beweglich.

Die bemerkenswerthesten physikalischen Eigenschaften des Sandes sind etwa folgende: Je gröber der Sand ist, um so weniger besitzt er im durchfeuchteten Zustande Cohärenz, wesentlich beeinflusst wird seine Bindigkeit durch seine Beimengungen, besonders durch die thonigen und humosen. Die Sonnenstrahlen absorbirt der Sand sehr stark und erhitzt sich in Folge dessen sehr bald, strahlt aber auch die aufgenommene Wärme sehr bald wieder

aus. Uebrigens variirt diese Eigenschaft nach den Sandsorten. Grobkörniger oder dunkelgefärbter Sand besitzt eine stärkere Absorption und Ausstrahlung der Wärme als feinkörniger oder hellgefärbter; ein an Kalkkörnern reicher Sand eine weit langsamere Wärmeaufnahme, aber auch eine geringere Wärmeausstrahlung, als Quarzsand; ein eisenoxydhydratreicher Sand erhitzt sich stark und bleibt auch lange warm; ein thonreicher Sand erhitzt sich nur langsam, kühlt sich aber auch nur allmälig ab; ein mit kohligen Theilen gemengter Sand erwärmt sich sehr schnell und stark und hält die Wärme lange zurück.

Die Wärme leitet Sand nur schlecht, aber auch bezüglich dieser Eigenschaft verhält sich nicht aller Sand gleich. Je weniger ein Sand erdige oder humose Bestandtheile enthält, um so weniger leitet er die Wärme und um so wärmer hält er daher seinen Untergrund im Winter und um so kühler im Sommer; am besten in dieser Beziehung ist der dunkelgefärbte Basalt-, Lava- und Melaphyrsand, weniger gut Kalksand.

Charakteristisch ist das Verhalten des Sandes gegen flüssiges und gasförmiges Wasser. Reiner Sand zieht aus der Atmosphäre keine Feuchtigkeit an, wohl aber wenn er Beimengungen von thonigen, kohligen und humosen Substanzen enthält. Flüssiges Wasser vermag feuchter Sand aus dem Untergrund um so mehr in sich aufzusaugen, je feinkörniger sein Gemenge ist. Wasser in sich festzuhalten vermag Sand um so weniger, je frischer und grobkörniger seine Gemengtheile sind und je weniger er thonige und humose Bestandtheile besitzt.

Die Sandablagerungen sind übrigens keineswegs etwas Stabiles. Sie können in ihren Massen auf mechanischem Wege durch Zuführung von Gemengtheilen, durch Wegschlämmen durch Wasser oder durch Wegwehen oder Zuwehen von Bestandtheilen durch die Luftströmungen, — auf chemischem Wege durch Lösung, Auslaugung und Zersetzung verändert werden.

Der Erdschutt.

Die eigentlichen Repräsentanten des Erdschuttes, d. h. aller derjenigen massig auftretenden, staubig pulverigen oder erdigen Mineralaggregate, welche das bleibende und unter den gewöhnlichen Verhältnissen in seiner wesentlichen Masse nicht veränderliche Bildungsmaterial derjenigen Erdrindeglieder darstellen, aus denen der gegenwärtige, Pflanzen tragende und ernährende Erdboden besteht, sind die Thonsubstanzen, die, wie wir oben gesehen haben, letzten, nicht weiter durch kohlensäurehaltiges Wasser zersetzbaren Verwitterungsrückstände thonerdehaltiger Silicate.

Der Thon bildet im trockenen Zustande theils zusammenhängende, theils pulvrig-erdige Mineralmassen, die sich, wenn der Thon rein ist, mager, aber bei geringen Beimengungen von Magnesia und Eisenoxyd fettig anfühlen. Die Farbe ist sehr verschieden, weiss, gelb, bläulich, grau, gelbroth, roth, rothbraun u. s. w. Beim Anhauchen wird ein eigenthümlicher Geruch (Thongeruch) wahrnehmbar. Der Thon saugt das Wasser begierig ein und klebt stark an der feuchten Zunge. Im durchfeuchteten Zustande ist er schlüpfrig, knet- und formbar (plastisch); mit mehr Wasser bildet er einen dicken Brei — Thonbrei, der beim Austrocknen sich zusammenziehend (schwindend) allen Gegenständen fest anhaftet, so auch den Pflanzenwurzeln, die er mit einer für Wasser undurchlässigen Schichte umgibt; mit sehr viel Wasser endlich bildet er eine durch die fein vertheilten Thontheilchen trübe Flüssigkeit, er ist demnach schlämmbar. Befeuchtet man einen ganz ausgetrockneten Thon nur oberflächlich, wie dies z. B. durch einen schwachen Regenschauer geschieht, so zerfällt er beim Trocknen in einzelne eckige Stückchen, Aehnliches zeigt sich, wenn sein Austrocknen sehr rasch von Aussen her vor sich geht. Es bildet sich eine trockene Kruste, die in lauter eckige Schalenstücke zerberstet, weil die unten noch feuchte Lage ein grösseres Volumen hat und in Folge ihres Anhaftens an die oben ausgetrocknete Lage das gleichmässige und regelmässige Zusammenziehen derselben nicht gestattet. Diese Eigenschaften des Thones sind für sein Verhalten als Bodenbestandtheil eben nicht sehr günstig. Zu Brei gewordener Thon schliesst die Pflanzenwurzeln vollkommen von der Luft ab; trocknet er vollkommen aus, so sind die Wurzeln mit einer steinharten, für sie tödtlichen Rinde umgeben, während der ungleichmässig austrocknende Thon dieselben zerreisst und zerquetscht.

In feuchtem Zustande von einander getrennte Thonmassen bilden nach dem Austrocknen steinartige, sehr harte Klumpen, die sehr schwer zerfallen. Daher darf auch ein Thonboden in zu feuchtem Zustande nicht bearbeitet werden, wenn man nicht das Feld voll Schollen haben will.

Gefriert nasser Thon, so zerfällt die ganze Masse in krümliche Erde, indem ihre Theilchen durch das beim Gefrieren sich ausdehnende Wasser auseinander getrieben werden. Tritt allmälig Thauwetter ein, so behält der Boden seine krümliche Beschaffenheit, erscheint aber das Thauwetter plötzlich mit viel Nässe, so wird der gefrorene Thon in Brei verwandelt. Der Frost ist in der That das beste Mittel, um schweren Thonboden aufzulockern. Durch schwaches Brennen sowie durch Einwirkung von gebranntem Kalk wird er ebenfalls gelockert und weniger zähe, theilweise wohl

auch aufgeschlossen, d. h. einzelne seiner Bestandtheile löslich gemacht.

Wie der Thon ein bedeutendes Vermögen besitzt, Wasser aufzusaugen, so besitzt er auch die Fähigkeit, Lösungen von Stoffen (Salzlösungen) in grossen Mengen aufzunehmen und die gelösten Stoffe zurückzuhalten. Auch gegen Gase besitzt er ein grosses Absorptionsvermögen, wie wir dies schon durch den Thongeruch wahrnehmen, der nur von absorbirten Gasen (vorzüglich Ammoniak) herrührt. Wir kommen auf dieses Verhalten, wie auch auf das gegen Wärme, Wasser, Luft, Licht u. s. w. noch bei den allgemeinen Eigenschaften der Ackererde zurück, hier sei nur hervorgehoben, dass gerade durch das Vermögen, Gase und gelöste Substanzen, die den Pflanzen als Nahrung dienen, in sich aufzusaugen, der Thon eine sehr hohe Wichtigkeit als Bodengemengtheil erhält, denn reiner Thon kann als im Wasser ganz unlöslich den Pflanzen nur einen Standort bieten, sie aber nicht ernähren; er wird aber zu einer Sparkasse für die Nahrungsstoffe der Pflanzen, indem er dem den Boden durchsickernden Wasser die gelösten Nahrungsstoffe entzieht, sie festhält und der Pflanze darbietet, wenn sie dieselben benöthigt.

Theils durch die aufgesaugten und im Thon festgehaltenen Salzlösungen, theils durch mechanische Beimengungen wird der Thon sowohl in seinen chemischen, wie in seinen physikalischen Eigenschaften verändert und bildet in Folge dessen eine ganze Reihe von Abarten.

Den reinen, weissen Thon nennt man Kaolin.

Der Kaolin (Porzellanerde, Porzellanthon) ist namentlich entstanden durch Verwitterung von Feldspath. Er bildet derbe, harte oder auch krümlich-erdige Massen von weisser bis gelblichweisser Farbe. Oft ist er verunreinigt durch diejenigen Mineralmassen, aus denen er entstanden ist.

Steinmark ist dem Kaolin sehr ähnlich, enthält aber immer Eisenoxyd.

Die Beimengungen sind entweder kalklose, nicht mit Säuren aufbrausende, oder kalkhaltige. Von den kalklosen Thonsubstanzen rechnet man zu den fetten Thonen: den Pfeifenthon, gemeinen Thon, Eisenthon und bituminösen Thon.

Der Pfeifenthon (Walker-, Koller- oder Wascherde) ist eine fettig anzufühlende, groberdige, im Schnitte glänzende Masse von graulich-, bläulich- oder gelblichweisser Farbe, mit Wasser einen sehr plastischen Teig bildend. Er findet sich namentlich im Gebiete der Braunkohlenformationen.

Gemeiner Thon (Töpferthon, fetter Thon, Klay) ist als

kein unmittelbares Verwitterungsproduct anzusehen, sondern er ist aus der Wegschlämmung und Vermischung des ursprünglichen Verwitterungsthones mit den gegenwärtig seiner Masse beigemengten Substanzen entstanden. Solche Substanzen sind Eisenverbindungen, kieselsaure und kohlensaure Alkalien, kieselsaure Magnesia, kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk, Kochsalz, Bittersalz, Glaubersalz, Alaun, sowie organische Stoffe. Die Qualität und Quantität seiner Bestandtheile ist überhaupt eine sehr verschiedene, je nach dem Orte seiner Ablagerung und der Art der in seiner Masse eingebetteten Mineraltrümmer und organischen Stoffe. Seine beträchtlichsten Ablagerungen befinden sich in von fliessenden Gewässern durchzogenen Ebenen, Auen und Thälern, sowie auch am Strande des Meeres. Aber auch in den verschiedenen Sandstein- und Kalkformationen der Erdrinde tritt er in mehr oder minder mächtigen Zwischenablagerungen auf.

Steigt der Gehalt an organischen Stoffen bedeutend, so nennt man den Thon: bituminösen Thon (humoser schiefriger Töpferthon, Schieferthon, Schieferletten, Letten). Er ist von organischen Stoffen ganz durchzogen, bläulich bis schwarzgrau, im durchfeuchteten Zustand zähe und schmierig. Beim Austrocknen zieht er sich bedeutend zusammen und wird sehr fest. Der Sand, den er enthält, ist sehr fein. Das Eisenoxydul, welches in ihm vorkommt, wird an der Luft zu Eisenoxydhydrat, was ein Röthlichwerden des Lettens bedingt. Er kommt namentlich am Grunde von alten Fluss- und Seebetten vor. Frisch aus dem Grunde von Gewässern oder Mooren genommen, reagirt er sauer von Humussäuren und ist in diesem Zustande sehr unfruchtbar. Liegt er dann längere Zeit an der Luft, so zerfällt er, besonders durch Einwirkung des Frostes, in ein krümliches Pulver.

Der Thon wird durch Aufnahme von Kochsalz zu Salzthon, durch Alaun oder Eisenvitriol zu Alaun- oder Vitriolthon, durch viel Eisenoxyd (5—20 Proc.) zu eisenschüssigem Thon.

Der eisenschüssige Thon bildet sehr häufig das Bindemittel von Conglomeraten und Sandsteinen, z. B. des Rothliegenden, oder auch selbstständige, oft sehr mächtige Ablagerungen in den Formationen des Rothliegenden und Buntsandsteines. Dem eisenschüssigen Thon steht der glimmerige Thon sehr nahe.

Wie erwähnt, gehören alle diese Thonarten zu den sogenannten fetten Thonen, die mit Wasser durchfeuchtet sehr plastisch, klebrig und teigartig sind, mit dem Fingernagel in trockenem Zustande gerieben sich stark glätten und dann spiegelnd werden.

Durch Aufnahme von Sand wird der Thon aber mager, d. h. weniger plastisch, weniger fettig sich anfühlend und weniger an der

Zunge haftend, auch lässt er sich mit dem Fingernagel nur wenig glätten. Zu diesen mageren Thonarten gehört:

Der Eisenthon. Derselbe ist ein dem eisenschüssigen Thone sehr ähnlicher, meist intensiv ockergelb, lederbraun oder braunroth gefärbter Thon, welcher 15—20 Proc. nur durch Säuren ausziehbares Eisenoxydhydrat enthält, zuweilen aber auch geradezu eine chemische Verbindung von kieselsaurem Eisenoxyd und kieselsaurer Thonerde ist.

Der Lehm (Lehmthon). Er ist ein Verwitterungsproduct der glimmer-, hornblende- und augitreichen krystallinischen Felsarten und findet sich in den Thälern und Mulden meist untermengt mit Fragmenten der Gesteine, aus denen er entstanden ist. Er ist ockergelb bis lederbraun, zeigt die allgemeinen Eigenschaften einer mageren Thonart, lässt sich mit Wasser durchfeuchtet wohl kneten, aber nie so vollkommen, wie der reine Thon und wird durch Nässe nie so schmierig und zähe wie dieser. Er enthält immer 5—10 Proc. Eisenoxydul oder Eisenoxyd (wird beim Brennen demnach roth) und etwa 30 Proc. Sand. Die Gesteinstrümmer, welche den Sand bilden, sind sehr mannigfaltig, Quarz und Glimmer spielen jedoch die Hauptrolle. Enthält der Thon neben Sand noch grössere oder geringere Quantitäten von kohlensaurer Kalkerde, so wird er zu kalkhaltigem Thon oder Mergel.

Die Mergel charakterisiren sich dadurch, dass sich die kohlensaure Kalkerde von dem Thone nicht durch Schlämmen entfernen lässt, weil letzterer vom kohlensauren Kalke gleichmässig durchdrungen ist. Durch dieses Merkmal unterscheidet sich der Mergel vom „kalkigen Thon“ oder „Kalkthon“. Mergelmassen können daher nur da entstehen, wo Lösungen von doppelt kohlensaurem Kalk in Thon- oder Lehmablagerungen einsintern. Dem wechselnden Einflusse der Witterung ausgesetzt, verlieren die Mergel ihren Zusammenhang und zerfallen in ein lockeres Haufwerk von eckigen Stückchen und endlich in eine krümelige Erdmasse.

Je nach den Mengenverhältnissen des Thones und Kalkes unterscheidet man folgende Abarten:

1. Mergeliger Thon mit 5—10 Proc. Kalk und 90—95 Proc. Thon.

2. Thonmergel mit 15—25 Proc. Kalk und 75—85 Proc. Thon.

3. Gemeiner Mergel mit 25—30 Proc. Kalk, 50—80 Proc. Thon und zuweilen auch 5—10 Proc. kohlensaurer Magnesia.

4. Lehmmergel mit 15—25 Proc. Kalk, 20—50 Proc. Thon und 25—75 Proc. Kieselmehl und feinen Sand.

5. Kalkmergel mit 50—90 Proc. Kalk und 10—50 Proc. Thon nebst Kieselmehl.

6. Magnesiakalkmergel mit 10—30 Proc. Kalk, 20 bis 50 Proc. Thon und 10—40 Proc. Magnesia.

Nach ihren Structurverhältnissen oder den Formationen, in welchen sie vorkommen, bezeichnet man die Mergelarten als: dichten Mergel, Schiefermergel, Kreidemergel, Liasmergel u. s. w.

Mergelablagerungen finden sich hauptsächlich in der Zechstein-, Buntsandstein-, Muschelkalk-, Keuper-, Lias- und Kreideformation, doch bilden sie sich auch jetzt noch oft in thonreichen Boden, welche am Fusse bewaldeter Kalkberge liegen.

Dem Landwirthe, für den die Mergellager einen grossen Werth besitzen, ist das Aufbrausen einer erdig-thonigen Masse bei Zusatz einiger Tropfen Säuren ein Fingerzeig für das Vorhandensein von Mergel.

5. Die Beziehungen der Organismen zur Bodenbildung.

Pflanzliche und thierische Organismen tragen direct und indirect zur Bodenbildung bei. Die ausgedehnten Kohlenlager, die Torfmoore, die Infusorienerde, die Kalktuffe sind Beispiele phytogener, die gewaltigen Kalk- und Kreidefelsen, die Koralleninseln und Muschelbänke solche zoogener Bodenbildungen.

Die Art und Weise, wie Pflanzenstoffe zu Kohle werden können, lässt sich noch heut zu Tage an der Bildung der Torfmoore erkennen. Nicht in allen Gegenden der Erde bilden sich Torfmoore. Zwischen den Wendekreisen und in den Polargegenden finden sich keine Torfmoore, dort nicht, weil die hohe Temperatur die Fäulniss der organischen Materie beschleunigt, hier nicht, weil die niedere Temperatur massenhafte Bildung organischer Materie verhindert. Wasser und niedrige Temperatur sind die Vorbedingungen ihres Entstehens. Ist der Boden, in dessen Vertiefung sich aus irgend welchem Grunde stehendes Wasser angesammelt hat, einigermassen fruchtbar, so zeigen sich am Rande Rohr und Schilf, die, allmälig in das Wasser hineinwachsend, durch stärkere Beschattung die Verdunstung des Wassers verhindern und die Moorbildung so günstig beeinflussen; nach ihnen stellen sich eine ganze Reihe anderer Wasserpflanzen, vor Allen die Wasserlinsen, ein, die ihr Domicil im Wasser selbst nehmen. Die abgestorbenen Pflanzen sinken im Wasser unter, neue Generationen folgen ihnen nach und allmälig hebt sich dadurch der Boden, bis er der Wasseroberfläche nahe kommt. Ist der Boden für Rohr, Schilf, Wollgräser und Riedgräser u. s. w. zu arm, so zeigt sich eine Moosvegetation (Sphagnum), welche allmälig das ganze Wasserbassin ausfüllt. Wäh-

rend sich aber Moos auf Moos im jährlichem Wechsel schichtenweis absetzt, wandeln chemische Processe von der untersten Schicht anfangend die Ablagerungsmassen in jene braunschwarze Substanz um, die wir Torf nennen. In jedem mächtigeren Torflager lassen sich die Uebergänge von der frischen Pflanzenfaser bis zum Pechtorf verfolgen. An der Oberfläche wachsen die Pflanzen noch fort, je tiefer nach unten, um so weiter ist die Veränderung vorgeschritten, die Torfmasse wird dichter, homogener, und die Pflanzenfaser immer unkenntlicher. Der Pechtorf in den tiefsten Partien des Lagers stellt im getrockneten Zustande schon eine ganz homogene Masse dar, fast wie Pechkohle. In den Niederungen der grossen nordeuropäischen Ebene, zwischen der Schelde und Newa, wie in den Niederlanden, Hannover, Mecklenburg, Pommern und Brandenburg bilden die Torfmoore unabsehbare Flächen.

Die Infusorienerde oder Kieselguhr ist eine magere, weisse oder gelbliche Erde in bisweilen mehrere Fuss dicken Schichten. Sie entsteht dadurch, dass die Diatomeen oder Spaltalgen, deren mikroskopisch kleine, aber sehr mannigfaltige Formen sich fast in allen süssen und salzigen Gewässern finden, aus der in sehr geringer Menge im Wasser gelösten Kieselsäure ihre zierlichen Kieselpanzer bilden und da sich diese Organismen durch Theilung in ganz ungeheurer Menge vermehren, so erklärt sich das massenhafte Auftreten der Kieselguhr. Derartige Ablagerungen finden sich z. B. in den Mineralmooren bei Franzensbad in Böhmen, in der Umgegend Berlins, auf der Lüneburger Haide u. v. a. Orten. Auch der Polirschiefer von Bilin, der eine 14 Fuss mächtige Ablagerung bildet, besteht der Hauptsache nach aus Diatomeen, ebenso die gelbe magere Erde von Tripolis, der sogenannte Tripel.

Durch kalkabsondernde Wasserpflanzen, die Nulliporen und Corallinen sind in den Tertiärablagerungen die Nulliporenkalke gebildet worden und ebenso entstehen durch Vermittlung von Moosen, Charen u. s. w. mächtige Kalktuffbildungen.

Fast noch bedeutender als die phytogenen Bildungen sind die zoogenen. Die meisten Kalkgebirge verdanken ihren Ursprung den kalkigen Skeletten der in ungeheurer Individuenzahl im Meerwasser lebenden niederen Thiere, der Mollusken, Echinodermen, Anthozoen und Rhizopoden. Der kalkhaltige, protoplastische Meeresschlamm, von Huxley Bathybius genannt, liefert neben den Globigerinen und Textilien das Material für die Kreidefelsen. Die Korallenthiere schaffen ausgedehnte Inseln, die zahlreichen Arten von Echinodermen und Mollusken werden die Veranlassung zu Muschelbänken und zur Bildung von mergeligen und kalkigen Sandsteinen.

Die Einwirkung der Organismen auf die Gesteine und den

Gesteinsschutt ist theils eine mechanische, theils eine chemisch-physiologische. Ganz besonders kommt hierbei die Pflanzenwelt in Betracht. Mechanisch wirken die Wurzeln der Pflanzen als Felsensprenger. Indem sie sich im Boden verzweigen und in die Ritzen und Spalten der noch unvollkommen zertrümmerten Felsunterlage eindringen, treiben sie in Folge ihres Dickenwachsthums das Gestein auseinander, wirken also ähnlich wie das gefrierende Wasser und indem sie die Felsstücken in ihrem Zusammenhang lockern, machen sie dieselben den anderen Verwitterungsfactoren zugänglicher.

Dass die Pflanzen selbst thätigen Antheil an der Zersetzung der Gesteine nehmen und zwar verschiedene Pflanzen in verschiedenem Maasse, davon liefern die in Wiesen sich häufig findenden glatten Kalksteine den Beleg, deren Oberfläche durch die darauf liegenden Wurzelfasern mit feinen Furchen netzartig bedeckt ist. An Thonschiefern und Graniten kommen ähnliche Erscheinungen vor, die Sachs übrigens auch künstlich hervorgerufen hat.

Nach Versuchen von Dietrich wurden löslich durch

Einwirkung			im Buntsandstein		im Basalt		
von	3	Lupinen Pflanzen	0,6080	Grm.,	0,7492	Grm.	Mineralst.
„	3	Erbsen „	0,4807	„	0,7132	„	„
„	20	Spörgel „	0,2678	„	0,3649	„	„
„	10	Buchweizen „	0,2322	„	0,3274	„	„
„	4	Wicken „	0,2212	„	0,2514	„	„
„	8	Weizen „	0,0272	„	0,1958	„	„
„	8	Roggen „	0,0137	„	0,1316	„	„

Durch eine andere Versuchsreihe constatirte Dietrich, dass unter dem Einfluss vegetirender Erbsen und Lupinen von den Gesteinsbestandtheilen mehr löslich geworden war, als durch den Verwitterungsprocess und durch das angewandte Wasser allein. Innerhalb einer Vegetationsperiode wurden aus einem Topfe mit Buntsandsteinsand (5100 Grm. enthaltend) löslich:

	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
durch den Verwitterungsprocess	0,0388	0,4516	0,0892	0,0356
desgl. und den Einfluss vegetirender Erbsen	0,0684	0,5218	0,1230	0,0868
desgl. und den Einfluss vegetirender Lupinen	0,0920	0,4625	0,1332	0,0971.

Die Beobachtung lehrt ferner, wie die meisten Felsenwände sich mit Moosen und Flechten bedecken (deren Keime von der Luft zugeführt werden), die dem unbewaffneten Auge wie Staubüberzüge

erscheinen, demungeachtet aber wohlbekannte Pflänzchen sind (Wandflechten, Schurf- und Krätzflechten, Blätterflechten u. dgl.). Und zwar setzen sich die Flechten namentlich in Folge ihres Bedarfes an Kalkerde sehr gern an Kalkgesteinen an.[1]) Durch das Absterben dieser Vegetation sondert sich über der rauhgewordenen Fläche der Felsen eine schwache Schichte von lockerer Erde ab, in welcher gleichwohl Samen, vom Winde oder durch Vögel herbei getragen, einen haltbaren Boden zum Keimen und Wachsen finden. Jährlich absterbend, bereichern diese Vegetationen die Bodenschichte. Letztere aber wird gleichzeitig auch durch aufgelöste Mineraltheile des Gesteines vermehrt und so bildet sich nach und nach eine immer mächtiger werdende Erdschichte, welche dann schon krautartigen Gewächsen und Sträuchern und endlich selbst Bäumen zum Halt und zur Nahrung dienen kann, und wo Waldbäume ihre stolzen Gipfel nun gegen den Himmel erheben, da überzogen einst kaum sichtbare Pflänzchen den erdelosen nackten Felsen.

Von fast noch höherem Einfluss auf die Verwitterung der Gesteine und die Bodenbildung als die lebenden Organismen sind aber die dem Boden verbleibenden und einverleibten Reste der abgestorbenen Organismen.

Alle Pflanzen, welche im Boden wurzeln, seien sie klein oder gross, sterben alljährlich ganz oder theilweise ab, und geben die in ihnen enthalten gewesenen Bestandtheile in kürzerer oder längerer Zeit an diesen Boden wieder zurück und noch weit mehr, als sie von ihm empfangen hatten, nämlich viele organische Substanzen, die sich während ihres Wachsthums aus Bestandtheilen der Luft bildeten. So fallen z. B. die Blätter der meisten ausdauernden

1) Viele der alten griechischen Marmordenkmäler sind mit oxalsaurem Kalk überzogen, der von der Verwesung von Flechten, welche auf ihrer Oberfläche gewachsen waren, zurückgeblieben ist. Nach Göppert ist das harte, feinkörnige Gestein des Zobtenberges in Schlesien an allen den Stellen an der Oberfläche gelockert, wo dieselben mit Flechten (Acarospora smaragdula, Imbricaria olivacea etc.) bedeckt ist, während der nahe anliegende Fels so hart ist, dass er dem Messer widersteht. Auf dem Schwalbenstein bei Glatz ist in einer Höhe von 4500′ der Granit unter einer Decke von Flechten zersetzt, der Feldspath ist in Kaolin verwandelt oder weggewaschen, nur die Quarzkörner und Glimmerblättchen bleiben unverändert. Selbst auf Quarz verweigern die Flechten nicht zu wachsen. Johnson berichtet, dass die weissen Quarzhügel von Berkshire, Massachusetts, auf grossen Strecken der feuchteren nördlichen Abhänge mit einer lederartigen Flechte bedeckt sind, welche so fest an dem Felsen haftet, dass, wenn sie mit Gewalt weggenommen wird, Theile des Gesteins selbst mit losgelöst werden. Unter den höheren Pflanzen sind solche „Pionniere der Pflanzenwelt auf unwirthlichem Terrain“ u. A. die Krüppelföhre, der Ginster, Heidekraut. „Uebrigens machen die meisten Waldbäume wenig Ansprüche an pflanzliche Ueberreste im Boden, weshalb zweckmässig bis dahin wüste Ländereien durch vorübergehende Waldcultur in Besitz genommen werden“.

Pflanzen alljährlich ab; die Wurzeln fast aller Pflanzen, auch die der meisten Culturpflanzen, die jährlich absterbenden Würmer und andere Thiere, die unter der Erde Nahrung suchen, bleiben im Boden, und so sammelt sich daselbst, abgesehen von vielen anderen organischen Resten pflanzlichen und thierischen Ursprunges, die dem Boden in Form von Dünger jährlich zugeführt werden, eine solche Menge von organischen Stoffen an, dass sie jeder Landwirth in seinen Ackerfurchen leicht wahrnehmen kann.

Alle diese Stoffe aber verbleiben nicht lange in ihrer ursprünglichen Form und Farbe; sie sind von nun an einer langsamen aber stetig fortschreitenden Veränderung unterworfen; die Formen verlieren sich, die Farben werden dunkler und unter steter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft entwickeln sich flüchtige Gase bei gleichzeitiger Bildung fester Producte, die sich aber zuletzt gleichfalls in gasförmige Stoffe auflösen, indem die chemischen Kräfte auf die ihrer ursprünglichen Bildungsstätte entrückten Stoffe unbevormundet ihre Wirkung geltend machen können. Dieser Vorgang der Zersetzung organischer Stoffe ist die **Verwesung**. Das was die Verwitterung für die unorganischen (mineralischen) Stoffe, das ist die Verwesung für die organischen (pflanzlichen und thierischen) Körper. Die Substanzen, welche sich bei der Verwesung bilden, heissen Verwesungsproducte, und zwar werden ihre noch festen Theile im Allgemeinen Humusstoffe oder kurzweg „Humus“ genannt. Der Begriff „Humus“, bezüglich dessen in Büchern noch immer grosse Verwirrung herrscht, ist vor allem seiner wissenschaftlich begründeten Bedeutung nach richtig dahin aufzufassen, dass lediglich die aus verschiedenen Zersetzungsstadien organischer Reste hervorgegangenen, aber noch im festen Zustande befindlichen Producte mit dem Ausdrucke Humus zu bezeichnen sind. Humus ist demnach eine sich zersetzende organische Substanz, und weil die in Zersetzung befindlichen organischen Reste im Wesentlichen aus einem Stoffe bestehen, den man Holzfaser nennt, so bezeichnen manche Chemiker den Humus als „in Zersetzung befindliche Holzfaser.“

Da organische Reste nicht auf einmal, sondern nach und nach dem Acker zugeführt werden, sie also auch nicht gleichzeitig die Stadien der Verwesung durchmachen, so werden sie den Naturgesetzen gemäss zwar alle der fortschreitenden Auflösung anheimfallen, immer aber in verschiedenen Stadien derselben befindlich sein, und sie müssten endlich alle aus dem Ackerboden schwinden, wenn die Zufuhr von neuen organischen Stoffen für längere Zeit ganz aufhörte und auch alle sonstigen Bedingungen der Verwesung erfüllt wären.

Die Bedingungen für die Verwesung organischer Stoffe sind: genügender Luftzutritt, mässige Feuchtigkeit und Wärme. Der Luftzutritt ist wegen des Sauerstoffes nothwendig, weil letzterer bei der Verwesung Verbindungen mit den Stoffen des sich zersetzenden Körpers eingeht. Auch hier also, wie bei der Verwitterung, wirkt der Sauerstoff oxydirend, auch hier ist er vorzüglich der Störenfried für die bestehenden Verbindungen. Wo der Luftzutritt gehindert ist, z. B. unter Wasser oder im Untergrund des Bodens, entsteht ein von der Verwesung etwas verschiedener Zersetzungsprocess, die Vermoderung, dem u. a. die Bildung der Stein- und Braunkohle zugeschrieben wird.

Mässige Feuchtigkeit und Wärme befördern den Verwesungsprocess. In trockenem Boden geht die Zersetzung rascher vor sich als in zu feuchtem, im Sommer zersetzt sich der eingeackerte Dünger bei weitem schneller, als im Winter. Im wärmeren Boden und in warmen Klimaten wird demnach unter übrigens gleichen Verhältnissen die Ansammlung von Humusstoffen wegen beschleunigter Zersetzung auch eine geringere sein als in kälteren Gegenden.

Befördernd auf die Zersetzung organischer Stoffe wirkt besonders der gebrannte Kalk, sowie alle alkalischen Stoffe. Man kann das leicht bei Kalkböden im Vergleiche zu anderen Böden, sowie bei Mergelungen, beobachten. Der kohlensaure Kalk wirkt indirect auch noch dadurch, dass er gewisse, bei der Verwesung entstehende Säuren, welche der fortschreitenden Zersetzung hinderlich wären, bindet (neutralisirt).

Enthalten die organischen Stoffe Proteïnverbindungen thierischen oder pflanzlichen Ursprunges, so nimmt ihre Zersetzung bei gehindertem Luftzutritt einen andern Charakter an, es entwickeln sich neben den früher erwähnten Producten der Verwesung noch eigenthümliche, sehr unangenehm riechende Gase. Man bezeichnet diese Art der Zersetzung mit dem Namen Fäulniss oder faulige Gährung. Ueberall, wo sich stickstoffhaltige organische Stoffe, wie Fleisch, Käse, Blut, Excremente, Urin, Jauche u. dgl. angesammelt finden, tritt unter begünstigenden Umständen Fäulniss ein, welche durch winzige thierische Organismen, die Bakterien, eingeleitet wird, und namentlich bei stehenden Wassern, Sümpfen, Schlamm in Teichen u. s. w., durch die hierbei sich entwickelnden Gase ganze Landstriche verpestet. Die übelriechenden Gase rühren von den Verbindungen des Wasserstoffes mit Stickstoff, Kohlenstoff, Phosphor oder Schwefel her, weil diese stickstoffhaltigen organischen Stoffe meist auch noch etwas Schwefel und Phosphor enthalten. Das Schwefelwasserstoffgas namentlich ist durch seinen Geruch nach

faulenden Eiern (wie man zu sagen pflegt) kenntlich, d. h. faulende Eier riechen nach diesem Gase.

Das Hauptproduct der Verwesung ist neben Wasser, das in Gasform auftritt, die Kohlensäure, welche sich immer in bedeutender Menge als Gas[1]) entwickelt und für die Pflanzenernährung und die Verwitterung, wie wir gesehen, von höchster Wichtigkeit ist.

Enthalten die sich zersetzenden organischen Stoffe auch noch Stickstoffverbindungen, so bildet sich neben der Kohlensäure noch ein zweites sehr wichtiges Pflanzennahrungsmittel, nämlich das aus den Elementen Wasserstoff und Stickstoff bestehende leichtflüchtige Ammoniak, das an Aborten und Pissoirs durch seinen stechenden Geruch oft nur zu lästig wahrnehmbar ist.

Im Haushalte der Natur ist aber dafür gesorgt, dass sich dieses flüchtige Ammoniak unter gewissen Verhältnissen (Gegenwart von alkalischen Basen und einer gewissen Temperatur) in einen andern nichtflüchtigen Körper von ganz entgegengesetzten Eigenschaften verwandeln kann, nämlich in Salpetersäure, in welcher der Stickstoff nicht an Wasserstoff, wie bei Ammoniak, sondern an Sauerstoff gebunden ist.

Die mit Hinzuziehung des Sauerstoffes der Luft aus dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff der organischen Substanz in Folge des Verwesungsprocesses sich entwickelnden gasförmigen Stoffe: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sind dieselben Producte, welche entstehen, wenn man Holz im Ofen verbrennt. In beiden Fällen bleibt in der Regel Asche zurück. Der Unterschied ist nur der, dass die Verwesung langsamer und ohne Feuererscheinung vor sich geht. Die Rückgabe der organischen Aschenbestandtheile an den Boden ist für die Pflanzenernährung von um so höherer Bedeutung, als jene Mineralstoffe in einer Form sind, in welcher sie von den Pflanzen leicht aufgenommen werden. Nicht minder beachtenswerth ist, dass durch die Humificirung der Pflanzenreste in den oberen Schichten des Bodens die anorganischen Nährstoffe der Pflanzen aus der tieferen Schichte dort gesammelt und angehäuft werden.

Dass bei dem Verwesungsprocess wie bei der Verbrennung Wärme frei wird, die dem Boden gleichfalls zu Gute kommt, ist selbstverständlich. Bevor sich aber bei der Verwesung die orga-

1) Ueber den Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure geben Johnson (Wie die Feldfrüchte sich nähren. Braunschweig 1872. S. 146) und Fleck in seinen Berichten der Station für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden Zahlenmaterial, aus welchem hervorgeht, dass der Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure schwanken kann, je nach dem grösseren oder geringeren Humusgehalt des Bodens, zwischen 38—1413 Th. pr. 10000 Theile.

nischen Körper völlig in Kohlensäure, Wasserdampf und etwas Ammoniak verwandeln, bildet sich noch eine Reihe von festen Substanzen verschiedener Eigenschaften, die unter unausgesetzter Kohlensäureentwicklung in einander übergehen und, vereint gedacht, dasjenige in sich begreifen, was wir oben mit dem Ausdrucke Humus bezeichneten. Aber weder wissenschaftlich noch praktisch ist man über das Wesen und die Bedeutung dieser Wandlungen im Klaren.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die Producte der Humification bei fortschreitender Zersetzung immer reicher an Asche, indem sie immer mehr Wasser und Kohlensäure verlieren, ferner stickstoffreicher und reicher an Kohlenstoff, aber ärmer an Wasserstoff und Sauerstoff werden, und dass in den tieferen Schichten die Zersetzung langsamer fortschreitet, weil dort die Luft, eine der wichtigsten Bedingungen der Humification, nicht mehr in so reichlicher Menge vorhanden ist. Während der Stickstoff der organischen Materie bei genügendem Luftzutritt in Ammoniak, resp. Salpetersäure übergeht, scheint er bei gehindertem Luftzutritt in dem Humus eine ausserordentlich schwer zugängliche Form anzunehmen. „Gelingt es durch im Grossen ausführbare Manipulationen diesen Stickstoff der Humussubstanzen der Pflanzenernährung zugänglich zu machen, so stehen ganz ungeheure Mengen dieses theuersten aller Düngemittel nicht blos in den Ackererden selbst, sondern auch in unseren grossen Torflagern für die Pflanzencultur zu Gebote". (Mayer.)

Die bisherigen Forschungen beziehen sich fast ausschliesslich nur auf die Zersetzungsproducte der Holzfaser. Mulder lieferte über die Verwesungsstoffe die eingehendsten Arbeiten, nach denen wir Ulmin und Ulminsäure, Humin und Huminsäure, Quellsatz- und Quellsäure zu unterscheiden haben. Die genannten Säuren bezeichnet man im Allgemeinen als Verwesungssäuren. Ihre bedeutende Empfänglichkeit zur Aufnahme von Ammoniak und ihr Vermögen, dieses festzuhalten, macht ihre Gegenwart im Boden höchst wichtig. Nach Simon's Untersuchungen kommt der Humussäure die noch viel wichtigere Function zu, den atmosphärischen Stickstoff zu absorbiren und Ammoniak aus demselben zu bilden, wir hätten also in dem Humus des Bodens einen sehr beachtenswerthen Stickstofflieferanten für die Pflanzen. Nützlich werden sie ferner auch noch dadurch, dass sie mit gewissen für die Pflanzenernährung wichtigen Basen salzähnliche Verbindungen einzugehen, sie im Boden festzuhalten und so den Pflanzen aufzubewahren vermögen, um sie an diese unter günstigen Umständen wieder abzugeben.

Humin und Ulmin hingegen haben nicht wie die gleichnamigen Säuren die Eigenschaft, mit Basen chemische Verbindungen einzugehen, sie sind als ganz neutrale organische Körper, wie es die Holzfaser, der Zucker u. dgl. sind, anzusehen.

Die ersten Stoffe, welche sich bei der Zersetzung organischer Körper bilden, sind die Ulminstoffe (Ulmin und Ulminsäure), aus diesen entstehen die Huminstoffe (Humin- und Huminsäure). Die Ulminstoffe sind braun, die Huminstoffe schwarz. Sowohl aus Ulmin- wie Huminstoffen können sich unter günstigen Verhältnissen Quellsatzsäure, welche braun ist und aus letzterer Quellsäure, welche farblos ist, bilden. Man sieht diese Umwandlung im Boden ganz deutlich, wenn kein neuer Vorrath von organischen Resten demselben zugeführt wird; die braunen Humusmassen werden unter Luftzutritt immer heller und zum Schlusse grau und weiss. Lässt man den braunen, wässerigen Auszug einer humosen Erde an der Luft stehen, so wird er unter Schimmelbildung endlich farblos, indem sich Quellsäure bildet. Die im Boden meist vorkommenden Verbindungen der Verwesungssäuren mit Basen sind im Allgemeinen im Wasser schwer löslich, am leichtesten löslich sind jene mit Kali, Natron und Ammoniak; für sich allein im Wasser löslich ist nur die Quell- und Quellsatzsäure. Von alkalischen Erden werden die Humussäuren nicht gelöst, hingegen leicht von Alkalien und kohlensauren Alkalien. Daher kommt es auch, wie Mayer bemerkt, dass die alkalireichen Wässer, welche von kalk- und magnesiaarmen Gebirgsarten abziehen, leicht braun gefärbt sind, ebenso die stagnirenden Moorwässer kalkarmer Gegenden, während die harten Quellwässer nahezu farblos erscheinen. Wichtig ist das Verhalten der Humussäure zu phosphorsaurem Ammoniak und anderen phosphorsauren Salzen. Nach Simon existiren nämlich Doppelverbindungen der Humussubstanz des Bodens mit der Phosphorsäure. Die Humussäure zersetzt den phosphorsauren Kalk und macht die Phosphorsäure der Phosphate für Wasser, Ammoniak und Essigsäure löslich[1]) und während Humussäure und humussaures Ammoniak nicht dialysiren, thun dies die Doppelverbindungen von Phosphorsäure mit Humussäure.

Endlich sind die humussauren Salze auch deshalb von Bedeutung, weil sie im feuchten Zustande viel leichter oxydiren, als die Humusstoffe für sich.

Humin und Ulmin sind weder in Wasser noch in Alkalien löslich.

---

1) Man vergleiche übrigens die älteren und eingehenderen Beobachtungen Senft's (Der Steinschutt und Erdboden. Berlin 1867. S. 309).

Der Humus, als Complex vorgeschilderter Bestandtheile, häuft sich nur da in grösserer Menge an, wo bei fortdauernder Materialzufuhr, aber gehindertem Luftzutritt die Zersetzung und vollständige Verwesung der organischen Stoffe gehindert wird. In Wäldern findet sich oft eine viele Fuss tiefe Humusschicht, während in Ackerböden solche Humusanhäufungen nur als Ausnahmen vorkommen. Knop bezeichnet Böden mit einem

Humusgehalt von 0—3 Proc. als humusarme,
„ 3—5 „ „ humushaltige,
„ 5—10 „ „ humose,
„ 10—15 „ „ humusreiche,
„ 15 u. darüber „ humusüberreiche.

Aber nicht blos die Menge, auch die Qualität des Humus ist im Boden sehr verschieden, je nach der Natur der Stoffe, welchem er entstammte oder den Umständen, welche bei seiner Bildung stattfanden, oder den Stadien der Umsetzungen.

So hat man besonders in der landwirthschaftlichen Praxis, also weniger auf Grund wissenschaftlicher Forschungen, verschiedene Arten Humus unterschieden. Obschon bei dieser Eintheilung von einer strengen Scheidung und Charakterisirung selbst bezüglich äusserer Merkmale keine Rede sein kann, so darf sie doch ihrer allgemeinen Verbreitung wegen nicht übergangen werden.

Die Landwirthe unterscheiden in der Praxis einen „sauren, milden, verkohlten und harzigen“ Humus. Der saure Humus war lange Zeit ganz besonders ein Steckenpferd selbst von Agronomen und in ihren Schriften füllte er immer seitenlange Abhandlungen; man bezeichnete damit einen Humus, welcher blaues Lakmuspapier röthete. Als Ursache der „Säure“ im Humus betrachtete man zwar immer die „Humussäure“, ohne aber eigentlich zu wissen, welche von den Säuren des Humus gemeint sei. Erst die Forschungen der Neuzeit lehrten, dass die „Säure“ eines Humus, wenn sie von Verwesungssäuren stammt, nur von der Quell- und Quellsatzsäure herrühren kann, weil ja unter allen Verwesungssäuren nur diese allein im Wasser löslich sind. Unter Umständen kann die Säure des Humus wohl auch dem Einflusse der im Pflanzenreiche so verbreiteten Gerbsäure (Gerbstoff, Tannin) zugeschrieben werden, und in diesem Falle spricht man in der Praxis von „Heide-“ oder „adstringirendem Humus“.

Freie Säure kann im Humus überhaupt nur dann vorhanden sein, wenn es an Basen fehlt, sie zu neutralisiren. In den meisten Fällen liefert der sich zersetzende organische Stoff diese Base, nämlich das Ammoniak, welches sich immer bei der Zersetzung von organischen Stoffen bildet, die Stickstoff enthalten. Nur an Stick-

stoff sehr arme organische Stoffe, z. B. Holz, können demnach Humus mit freier Säure liefern.

Der Landwirth aber sucht gewöhnlich in der „Säure“, ohne zu wissen, ob eine solche überhaupt vorhanden ist, die Unfruchtbarkeit seines Bodens. Leidet irgend ein Boden an übergrosser Nässe, z. B. durch stehendes Wasser, ist man gleich mit der Ursache des Uebels im Reinen, indem man sagt, der Boden ist „versäuert“, ohne zu erwägen, dass da auch andere Ursachen der Unfruchtbarkeit vorhanden sein können. Glaubt der Landwirth aber mit Grund annehmen zu dürfen, sein Boden sei versäuert, so muss er ihn durch Auffuhr von an Kalkerde oder an Alkalien reichem Dünger, also durch Kalk, Mergel, Holzasche u. dgl. verbessern. Ist der Boden hingegen ein zugleich nasser, so entwässere er ihn vorerst, was in den meisten Fällen schon ausreichen wird.

Man kennt ferner auch eine „saure Flora“, Pflanzen nämlich, welche nur auf saurem Boden vorkommen. Es lässt sich hierüber Bestimmtes nicht sagen, weil überhaupt die Frage bezüglich des „sauren“ Humus bisher noch zu wenig erforscht ist und sich also auch nicht darüber absprechen lässt, ob das Gerathen oder Nichtgerathen dieser oder jener Pflanze thatsächlich durch die Gegenwart oder Abwesenheit des „sauren“ Humus bedingt ist.

„Mild“ nennen Praktiker jene Beschaffenheit des Humus, in der er im fruchtbaren Ackerlande gewöhnlich vorkommt.

Unter „kohleartigem“ oder „verkohltem Humus“ verstehen sie einen mit kohleähnlichem Aussehen, der geringe Mengen von in Wasser löslichen Stoffen enthält.

Unter „harzigem Humus“ endlich begreifen sie jenen, der sich durch eine schwere Zersetzbarkeit kennzeichnet und wahrscheinlich aus an Harz reichen Stoffen entstanden ist.

Was die übrigen hier in Betracht kommenden Eigenschaften des Humus anlangt, sind es kurz folgende: Wegen seiner mehr oder weniger dunklen Färbung wird er von den Sonnenstrahlen stärker als hellere Bodenbestandtheile erwärmt. Freilich wird die Erwärmung langsam erfolgen, da die specifische Wärme des Humus eine sehr hohe ist, dafür wird aber bei einer Abkühlung der Lufttemperatur die aufgenommene Wärme auch nur sehr allmälig an die kältere Atmosphäre abgegeben. Der Erwärmungsfähigkeit des Humus steht seine grosse „wasserhaltende Kraft“ entgegen. Wird die „wasserhaltende Kraft“ des Sandes = 1 gesetzt, so ist die des Torfes = 9,38. Gross ist auch die Hygroscopicität des Humus, sowie sein schon oben erwähntes Vermögen, Ammoniak zu absorbiren. Aus Lösungen gefällte dunkle Humussäuren und humussaure Salze sind sehr klebrig und bilden beim Austrocknen feste, spröde Massen.

Kommt ganz fein vertheilter Humus mit feinem Thonschlamm in Berührung, so vereinigen sich beide aufs innigste und bilden ein grauschwarzes Gemisch, welches beim allmäligen Austrocknen eine feinkrümelige, stets feuchte, mürbe Bodenmasse darstellt, in welcher der Humus viele Jahre hindurch unverändert bleibt.

II. Die Bodenarten, ihre Eintheilung und Ablagerungsverhältnisse.

A. Die Bodenarten nach ihren Gemengtheilen.

Wir haben in dem Abschnitt über die Bildung des Bodens die Gesteinstrümmer und Verwitterungsproducte einerseits und die Organismenreste andererseits als die wichtigsten Bildungsglieder für den Boden als Träger, Ernährer und Erhalter der Pflanzenwelt kennen gelernt.

Mit Rücksicht auf dieses Bildungsmaterial lassen sich die Pflanzen tragenden Bodenarten zunächst eintheilen

1. in solche, die nur aus Gesteinstrümmern und anorganischen Verwitterungsproducten bestehen (Mineral- oder Rohboden) und
2. in solche, welche aus einem Gemenge von mineralischen Bestandtheilen und Organismenresten bestehen (Humus- oder Culturboden).

1. Die Mineral- oder Rohbodenarten.

In der Regel sind die Mineral- oder Rohbodenarten Gemenge aus dreierlei Gruppen mineralischer Bestandtheile und zwar unterscheidet man

a) solche, welche die Hauptmasse einer Bodenkrume bilden und ihr sowohl einen bestimmten mineralischen Charakter, wie auch gewisse ihr speciell eigenthümliche physikalische Eigenschaften ertheilen; man nennt sie das wesentliche Bildungsmaterial einer Bodenart. Sie sind in reinem Wasser unlöslich, können aber durch Kohlensäure haltendes Wasser wenigstens theilweise gelöst werden. Bleibende wesentliche Bodenbestandtheile sind z. B. Thon und Quarzsand, verschwindende Dolomit und Gyps.

b) solche, welche in einer Bodenart fehlen können, ohne dass dadurch der mineralische Charakter der letzteren aufgehoben wird, wenn sie auch, besonders bei reichlichem Auftreten, einen mehr oder

minder grossen Einfluss auf die Umänderung der physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit der betreffenden Bodenart ausüben. Diese unwesentlichen Bestandtheile, dem Boden, als Blöcke, Gerölle, Gruss oder grober Sand, in der Regel ungleichmässig beigemengt und ihn steinig machend, können wie die wesentlichen veränderlich oder unveränderlich sein.

c) solche, welche in dem Wasser des Bodens gelöst, die Zersetzung und Umwandlung der steinigen Beimengungen des Bodens befördern und mit wenigen Ausnahmen die eigentlichen Nährstoffe für die Pflanzen sind. In einzelnen Fällen können diese gelösten Stoffe selbst den mineralischen Charakter des Bodens vorübergehend oder bleibend ändern (Ausscheidung von Kieselsäure, Umwandlung des Eisenspathes in Raseneisenstein u. s. w.). Auf diese dritte Gruppe, die „Bodensalze", werden wir später eingehender zurückkommen müssen.

Die Combinationen der beiden ersten Gruppen tragen je nach dem Vorherrschen oder Zurücktreten eines oder des anderen Gemengtheiles einen so verschiedenen Charakter und besitzen eine so verschiedene Fruchtbarkeit, dass eine schärfere Eintheilung und Unterscheidung nothwendig wird. Thon, Sand und Kalk können die wesentlichen Glieder einer Bodenmasse bilden, deren physikalische und chemische Eigenschaften durch die unwesentlichen Gemengtheile allerlei Modificationen erfahren.

Am übersichtlichsten theilt man daher, Senft folgend, die Mineralbodenarten ein in

1. Sandreiche Bodenarten,
2. Thonreiche Bodenarten,
   a) kalklose,
   b) kalkhaltige,
3. Lehmreiche Bodenarten,
   a) kalklose,
   b) kalkhaltige,
4. Kalkreiche Bodenarten,
   a) Mergelboden,
   b) Kalkthonboden.

Die **sandreichen Bodenarten** sind ein körniges bis staubiges, fast bindungsloses Gemenge, welches beim Abschlämmen höchstens 20 Proc. thoniger Substanz und wenigstens 80 Proc. Sand von verschiedenen Mineralien, aber nichts von kohlensaurem Kalk, enthält. Der Sand dieser Bodenarten kann entweder ganz oder theilweise in Folge weiterer Zersetzungen verschwinden (gewisse Verwitterungsbodenarten der gemengten krystallinischen Gesteine) oder er bildet bei vollständiger Entwickelung des Bodens mindestens 60 Proc. als

stabiler Quarzsand. Diese letzteren, die eigentlichen Sandbodenarten, bezeichnet man je nach ihren erdigen Beimengungen als thonigen, lehmigen, eisenschüssigen, kalkigen, humosen Sandboden; nach ihrem Sandgehalte als quarzreiche oder silicatarme (bis 5 Proc. veränderlicher Silicate), silicathaltige (bis höchstens 10 Proc. veränderlichen Silicatsandes) und silicatreiche (über 10—25 Proc. veränderlichen Silicatsandes) Sandboden.

Ganz reiner Sand ist unfruchtbar, aber durch Beimengungen selbst nur geringer Mengen von Thon, Humus und Kalk wird er bei günstiger Lage und guter Cultur fruchtbar. Der Sandboden lässt das Regenwasser rasch durchsickern, trocknet in Folge dessen rasch aus und benöthigt einen feuchten oder undurchlassenden Untergrund. Von allen Bodenarten besitzt er das stärkste Wärmeausstrahlungsvermögen und in Folge davon in freien, offenen Lagen die stärkste Bethauungsfähigkeit. Wegen seiner leichten Erhitzbarkeit am Tage und starken Abkühlung in der Nacht erfrieren im Frühling leicht die auf ihm stehenden Pflanzen. Da das Wasser in Sandboden zwar leichter gefriert aber im Frühling auch rascher aufthaut, so erwacht auf ihm die Frühlings-Flora auch früher.

Der Sandboden zeichnet sich durch seine Lockerheit aus, er lässt sich jederzeit leicht bearbeiten, doch ist dabei Vorsicht nöthig, um ihn nicht zu viel zu lockern; er bedarf oft und viel Dünger, da letzterer in ihm rasch zersetzt wird. Bei ausgiebiger Düngung und günstiger Lage liefert er sehr gute Ernten. An organischen Stoffen reiche Dünger sind ihm sehr zuträglich. Die Früchte reifen in feuchten Jahrgängen frühzeitig, in trockenen Jahren aber verdorren sie nicht selten.

Den Sandboden charakterisirende (bodenstäte) Pflanzen sind: Bocksbart, Grauschmiele, Sandhaargras, Sandrohr, Taube Trespe, Sandriedgras, Ackerspark, Sandnelke, Sandwegerich, Hungerblümchen, kleiner Sauerampfer, Nelkenhafer u. A. Hafer, Gerste, Roggen, Buchweizen, Spörgel, Lupine, Hirse, Bohnen, Kartoffeln, ja selbst Weizen und Rüben, wie fast auch alle anderen Culturpflanzen, gedeihen ganz gut, wenn die Felder so vorzüglich cultivirt werden, wie z. B. in Belgien und Holland, wo der Sandboden als vortrefflicher Wiesenboden benutzt ist und durch zweckmässige Bewässerung und Düngung meilenweite Sandanschwemmungen in die üppigsten Wiesen umgewandelt wurden. Von Holzgewächsen gedeihen besonders gut die Kirsche, Pappel, Akazie; Obstbäume weniger.

Die **thonreichen Bodenarten** sind bindige, im feuchten Zustande mehr oder weniger zähe und anklebende, im trockenen Zustande aber mehr oder weniger fest und rissig werdende Gemenge von

wenigstens 60 Proc. gemeinen Thones und höchstens 40 Proc. Sandes, welche ausserdem 2—7 Proc. in Alkalien lösliche Kieselerde und 4—5 Proc. Eisenoxyd, sowie eine grössere oder geringere Menge von Steintrümmern beigemischt enthalten. Die Thonbodenarten sind entweder kalklos oder kalkhaltig. Die kalklosen bezeichnet man als gemeinen oder zähen Thonboden, wenn er höchstens 30—35 Proc. sehr feinen, nur beim Schlämmen mit warmem Wasser ganz hervortretenden Sand enthält; als sandig-thonigen Boden, wenn er ein ungleichmässiges Gemenge von Thon mit 40—50 Proc. gröberen und feineren, schon beim Reiben des Bodens in der Hand fühlbaren Sandes; als eisenschüssigen thonigen Boden, wenn der mit mehr oder weniger, kleineren oder grösseren Körnern, Stückchen und Blättchen von verchiedenen Mineralien und Gesteinen, besonders von Porphyr, Kieselschiefer, Glimmerschiefer, Hornblende und Melaphyr, ungleichmässig gemengte Thon von Eisenoxydhydrat oder Eisenoxyd ganz durchdrungen, intensiv ockergelb oder rothbraun gefärbt ist. Der kalklose, salzige Thonboden findet sich meist nur an Meeresküsten; er ist reich an Kochsalz, Bittersalz und anderen Salzen des Meerwassers (Schlick). Zuweilen findet sich auch ein an Kochsalz reicher Boden in der Nähe von Salzquellen oder Steinsalzlagern, wie z. B. in den Salzsteppen Russlands. Auch der an Soda (kohlensaurem Natron) reiche Boden in einigen Theilen Ungarns und Siebenbürgens gehört hierher. Es ist ein im nassen Zustande meist unfruchtbarer Boden, der aber durch zweckmässig angelegte Abzugsgräben sehr verbessert werden kann und sich dann gut zum Graswuchs eignet.

Die kalkhaltigen thonigen Bodenarten werden repräsentirt durch den gemeinen Kalkthonboden, in welchem dem Thon 6—10 Proc. grösserer und kleinerer, schon durch blosses Sieben oder Abschlämmen entfernbarer Stücke und Körner von Kalk ungleichmässig beigemengt sind, und den mergeligen Thonboden (Cley), einen gemeinen Thon, welcher mit 4—10 Proc. feinen staubförmigen Kalkes so innig vermischt ist, dass sich der Kalk nur durch Behandlung mit Salzsäure vollständig vom Thone trennen lässt, woher es kommt, dass die abgeschlämmten Theile dieses Bodens gewöhnlich in ihrer ganzen Masse mit Säuren gleichmässig aufbrausen. Die Eigenschaften des Thonbodens sind im Allgemeinen folgende: Er erwärmt sich langsam, hält sich lange feucht, erfordert trockenes Klima und trockenen, durchlassenden Untergrund. Nasse Jahrgänge, nördliche Lage sind ihm schädlich, er lässt sich dann schwer bearbeiten und nur bei nicht zu hohem Feuchtigkeitszustande gut pflügen. Er hat ein grosses Absorptionsvermögen für Pflanzennährstoffe. Die Wurzelentwickelung der Culturpflanzen ist wegen seiner grossen

Bindigkeit gehemmt. Bei starkem Regen schliesst sich seine Oberfläche leicht, wodurch die Verdunstung noch mehr gehindert wird und die Wurzeln von Saaten (Raps), ferner die Saatkartoffeln leicht faulen. Andererseits werden beim raschen Austrocknen die Wurzeln, namentlich der Getreidearten, durch die sich in der festen Kruste bildenden Sprünge entblösst und zerrissen.

Verbesserungsmittel des schweren Thonbodens sind: Entwässerung, Brennen, Mischung mit Kalk und Sand, gute Bearbeitung, Einwirkung des Frostes. Er erfordert viel und auflockernden Dünger, namentlich Strohdünger; Kunstdünger ist seltener angezeigt.

Den streng thonigen Boden charakterisirende bodenstäte Pflanzen sind: Die Wollgräser, Riedgräser, Simsen, das Rohrschilf, die Riesentrespe, Ackergänsedistel, Pestilenzwurzel, Huflattich, Acker- und Sumpfziest, Ackerehrenpreis, Ackerlabkraut, Acker- und Sumpfschachtelhalm u. A.; den etwas lockeren, kalkhaltigen Thonboden: scharfer Hahnenfuss, Bastardklee, Knollen-Platterbse, Gänserich, Rasenschmiele, Wiesenhafer u. A.

An Holzpflanzen eignen sich besonders Wachholder, Hain- oder Weissbuche, Rothbuche, Stein- und Stieleiche.

Unter den Culturpflanzen gedeihen auf ihm namentlich Weizen, Hafer, Gerste, Klee, Wicken, Bohnen und Raps, weniger Roggen, Kartoffeln und Rüben. Für den Obstbau ist der Thonboden nicht besonders günstig.

Die **lehmreichen Bodenarten** sind gleichmässige Gemenge von krümeligem Lehm (siehe S. 37) mit 35—60 Proc. gröberen und feineren, schon durch das blosse Gefühl oder Gesicht bemerkbaren und durch Schlämmen abscheidbaren Sandes, häufig enthalten sie auch einige Procente kohlensauren Kalkes. Die Lehmboden gehören zu den ergiebigsten Bodenarten.

Man unterscheidet sandigen, kalkigen und mergeligen Lehmboden. Der sandige enthält 21—30 Proc. abschlämmbare Theile. Da er leicht trocken wird und seine Bindigkeit verliert, darf er nicht zu viel gelockert und nicht zu tief bearbeitet werden. Der kalkige Lehmboden ist mit grösseren oder kleineren Kalktrümmern untermengt und braust mit Säuren nur ungleichmässig auf; der mergelige enthält 4—10 Proc. kohlensauren Kalk innig und gleichmässig beigemischt und in der Regel auch bis 25 Proc. zum Theil veränderlichen und abschlämmbaren Sandes, so dass er meist reich an alkalischen Salzen ist; er trocknet leichter als der kalkige Lehmboden aus und zerfällt dabei in eine pulverige Krume; im Allgemeinen ist es ein vortrefflicher Boden.

Den guten, fruchtbaren Lehmboden charakterisiren als bodenstäte Pflanzen: Wiesenfuchsschwanz, Timotheusgras, Rasen-

schmiele, Franz. Ryegras, gemeines Rispengras, Knauelgras, Kammgras, Hochschwingel, Roggentrespe, Erdrauch, Ackergauchheil, Augentrost, Frühlingsehrenpreis, Ackerwinde, Ackerschachtelhalm u. A.; den sandigen Lehmboden: Gemeiner Windhalm, Wiesenrispengras, Ruchgras, Zittergras, weiche Trespe, Ackertrespe, Quecke, Engl. Ryegras, Ackerwindhalm, Schwarzkümmel, Rittersporn, Ackerwachtelweizen u. A.

Die **kalkreichen Bodenarten** sind gleichmässige oder ungleichmässige Gemenge von höchstens 75 Proc. gemeinen Thones mit wenigstens 15 Proc. theils abschlämmbaren, theils nur durch Salzsäure entfernbaren Kalkcarbonates. Ausserdem enthalten diese Bodenarten oft grössere oder geringere Quantitäten feinsten bis gröberen Quarzsandes, Eisenoxyd, Magnesiacarbonat und Beimengungen von Kalkphosphat und Kalksulphat.

Man unterscheidet die eigentlichen Mergelbodenarten und die Kalkthonbodenarten.

Unter den eigentlichen Mergelbodenarten, gleichmässigen und innigen Mischungen von wenigstens 15 Proc. Kalk und höchstens 75 Proc. Thon, unterscheidet man den Thonmergelboden (15—50 Proc. Kalk, 50—75 Proc. Thon, höchstens 25 Proc. abschlämmbaren Sand; ausserdem häufig 2—6 Proc. Eisenoxyd, bis 10 Proc. Magnesiacarbonat und Spuren Gyps), den Lehmmergelboden (15—25 Proc. Kalk, 20—50 Proc. Thon und 25—50 Proc. Sand), den dolomitischen Mergelboden (Thon-, Lehm- oder Kalkmergel mit 5—20 Proc. Magnesiacarbonat und meist mehreren Procenten Sand, sowie Eisenoxyd), den Sandmergelboden (Mergel mit 40—50 Proc. feineren und gröberen, abschlämmbaren Sandes) und den Kalkmergelboden (50—75 Proc. Kalk, 20—50 Proc. Thon und höchstens 5 Proc. Sand.

Die Mergelbodenarten zeigen die mannichfaltigsten Uebergänge.

Der Thonmergelboden findet sich am häufigsten im Gebiete des bunten Sandsteines, im oberen Gebiete des Keupers und an den unteren Gehängen der Kalkformationen, es dauert lange bis er durch Einfluss von Dünger und Cultur in eine fruchtbare Krume umgewandelt wird und dann muss mit langhalmigem Mist und starkwurzelnden Gewächsen das Wiederfestwerden und Bersten verhindert werden. Er erfordert, auch bei sonst günstiger Lage, eine mässig feuchte, warme Witterung.

Der Lehmmergelboden kommt besonders im Gebiete des Lias- und Quadersandsteines, des Keupermergels und der Kreide vor. In sonnigen, luftigen Lagen bedarf er häufiger und starker Düngungen und muss bisweilen tief umgearbeitet werden.

Den dolomitischen Mergelboden bezeichnet Senft als

einen merkwürdigen Boden, weil er in einer und derselben Lage bald sehr pflanzenreich und fruchtbar, bald sehr dürftig und öde erscheint. Senft sieht die Hauptursache dieser Doppelnatur einerseits in der Grösse seines Kalk-, Magnesia- und Sandgehaltes, und andererseits in der Jahreswitterung. Das Hauptgebiet dieses Bodens sind die Muldenthäler der bunten Keupermergel und der Juradolomite.

Die Sandmergelboden, entstanden aus Sandsteinen mit magerem, mergeligem Bindemittel, aus sandigen Mergeln der Kreideformation und manchen Arten Grobkalkes, sind heisse, schnell austrocknende und daher äusserst lockere und leicht auslaugbare Boden, die nur bei wiederholter, guter Düngung und bei feuchter Lage entsprechende Erträge liefern.

Die Productionsfähigkeit des bisweilen an den sonnigen Abhängen der Kalkberge verschiedener Formationen lagernden Kalkmergelbodens ist meist sehr kümmerlich.

Die Kalkthonbodenarten sind ungleichmässige Mischungen von wenigstens 75 Proc. Kalk, höchstens 30 Proc. Thon, meist auch bis 2 Proc. Magnesiacarbonat und ausserdem grössern oder kleinern Mengen von Kalksand, seltener von Quarzsand. Diese hell gefärbten, leicht sich erwärmenden und lange warm bleibenden Bodenarten zersetzen bei etwas feuchter Lage den Dünger von allen Bodenarten am schnellsten und bedürfen deshalb vieler und reichlicher Düngung sowie wegen der grossen Wärmecapacität viel Feuchtigkeit. Man unterscheidet steinigen, sandigen, lehmigen und thonigen Kalkboden.

Im Allgemeinen bedingen Lage und Feuchtigkeit, namentlich aber der Untergrund, den Werth der kalkreichen Bodenarten. Ist der Untergrund durchlassend, besteht er z. B. aus Wasser stark einsaugender Kreide oder anderem Kalkgestein, so werden sie mitunter so steril, dass sie nicht einmal eine kümmerliche Grasvegetation hervorzubringen vermögen. Wir sehen dies an dem Kreideboden Englands am deutlichsten, trotzdem sich das Klima dieses Landes durch Feuchtigkeit auszeichnet. Trockenheit ist überhaupt der Hauptfehler der Kalkbodenarten, ganz besonders wenn sie an Südabhängen lagern.

Die die Kalkboden charakterisirenden bodenstäten Pflanzen sind zahlreich und meist durch lebhafte Blüthenfarbe ausgezeichnet. Zu nennen sind: Esparsette, Waldplatterbse, Vogelwicke, Grossblumige Prunelle, Habichtskraut, Flockenblume, krause Distel, Becherblume, Himbeere, Brombeere, Ackerscherardie, Roggentrespe, Kammschmiele, niederes Riedgras, blaugrünes Riedgras, die Ginsterarten, Wundklee, Hopfenschneckenklee, Honigklee, gehörnter Schotenklee. Auf den besseren Arten des Kalkbodens gedeihen fast alle Culturpflanzen,

namentlich Hülsenfrüchte, Krapp, Kleearten, Luzerne, Esparsette und Futtergräser, die eine vorzügliche Schafweide liefern. In etwas feuchtem Kalkboden, besonders wenn er etwas Kali enthält, gedeihen Wein, Kirschen und Laubhölzer sehr gut; in trockenem hingegen Nadelhölzer.

2. Die Humusbodenarten.

Was unter Humus zu verstehen ist, wurde oben erläutert. In den Gemengen des Mineralbodens mit Humussubstanzen herrscht entweder ersterer weit über den Humusgehalt vor, oder die Humussubstanz überwiegt und die Mineralsubstanz tritt mehr oder weniger zurück, in ersterem Falle spricht man von humosem Boden, in letzterem von Humusboden.

Der **humose Boden,** eine innige Mischung von Mineralboden mit 5—20 Proc. Humus, ist um so dunkler gefärbt, je mehr er Humus enthält, er ist feucht und dabei warm. Da das Meer bedeutend mehr Pflanzen und Thiere enthält als die Gewässer des Festlandes, so sind die vom Meere abgesetzten Strandboden sehr reich an Humus. Durch Bearbeitung und die Einflüsse der Atmosphäre verschwindet der Humus allmälig, was ganz besonders rasch bei den an kohlensaurem Kalk reichen humosen Kalkthon- (Klei-) und Mergelbodenarten der Fall ist. Widerstandsfähiger ist der Humus in den lehm- und thonreichen Schlickablagerungen der Meeres- und Flussmarschen. Diese Bodenarten sind die wahre Heimath aller grasartigen Gewächse und die fettesten Grasfluren. Freilich kommen aber auch hier und da in ihren tieferen Schichten für die Pflanzenvegetation sehr schädliche Ablagerungen vor, der Knick, welcher dadurch entsteht, dass das Eisenoxyd des Lehmes bei Abschluss der Luft durch die organische Substanz zu Eisenoxydul reducirt wird, das sich mit der Quellsäure zu quellsaurem Eisenoxydul verbindet. Das sich überall hin verbreitende quellsaure Eisenoxydul oxydirt sich allmälig wieder, verkittet als Eisenoxydhydrat alle Bodentheile fest und bildet den verrufenen Ortstein. Es ist daher wohl darauf zu achten, dass beim Umackern nicht die Knicklage mit der über ihr lagernden guten Schlicklage untermengt wird.

Dem humosen Lehme steht der Letten nahe. Er ist ein Gemenge von feinsandigem Thon oder Lehm mit 4—10 Proc. zarten Humuskohlenhäutchen, welche so mit dem Thon oder Lehm gemischt sind, dass sie mehr oder minder deutlich hervortretende Lamellen in der Masse des letzteren bilden und bei der Austrocknung die ganze Bodenmasse in Schieferblättertheile (Schieferletten) zertheilen.

Den humosen Sandboden findet man häufig in den Marsch-

ländereien; im nassen Zustande sieht er fast schlammig aus und besteht aus einem innigen Gemenge von sehr zartem, fast mehlartigem Sand und fein vertheilter, in Natronlauge löslicher Humussubstanz, welche die einzelnen Sandkörner umhüllt. Unter Haidewäldern findet man einen humosen Sand, dessen einzelne Körner mit einer zarten, blei- oder schwarzgrauen Haut von wachshaltigem Humus überzogen sind, welche nicht verwest. Fruchtbar wird diese Bodenart nur bei Anwendung von Kalk und Asche und bei viel Feuchtigkeit, der unfruchtbare Bleisand ist ein Hauptrepräsentant dieses Bodens. Ausserdem kommt in Haidewäldern ein humoser Sandboden vor, der 90 bis 95 Proc. Sand und 5—10 Proc. Humus enthält und in feuchten Lagen ziemlich fruchtbar ist.

Der **Humusboden** enthält mehr als 20 Proc. Humus. Er ist von bedeutender Lockerheit und dunkler Farbe, lässt sich jederzeit und gut bearbeiten, benöthigt aber eine entschieden trockene Lage. Wenn er Thon und Kalk enthält, kann er sehr fruchtbar sein; zuträglich ist ihm die Düngung mit Kalk, Mergel, Asche oder ähnlichem an Mineralstoffen reichen Dünger, nicht empfehlenswerth ist für Humusboden die Düngung mit Stallmist. Der Humusboden eignet sich vorzüglich als Wiesenland, weniger — wegen seiner Lockerheit — zum Getreidebau. Ein Fehler desselben ist die leichte Auswinterung der Saaten.

Bei den Humusboden unterscheidet man: Wald-, Haide-, Moor- und Torfhumusboden.

Waldhumusboden findet sich in Wäldern und an Orten, wo Ansammlungen organischer Stoffe stattfinden, die, wie z. B. in Misthaufen, Mistbeeten, Laub, Holz und dergleichen Anhäufungen der Verwesung anheimfallen; er ist ein reicher, vortrefflicher Boden, der sich für Tabak, Hanf- und Gemüsebau vortrefflich eignet. Haidehumusboden bildet sich auf trockenen Haiden, enthält neben bedeutenden Mengen Sandes meist unzersetzte Pflanzenreste und eignet sich nur zur Holzzucht. Der Torfboden bildet die oberste, leichte, lockere, fast nur aus organischen Stoffen bestehende Schicht von Torflagern. Er erwärmt sich rasch und trocknet auch leicht aus, setzt überhaupt die Pflanzen allen Einflüssen der Witterung aus. Zuweilen ist der Torfboden ganz unfruchtbar, oft leidet er in Folge stagnirenden Wassers an zu grosser Nässe, wie dies bei Torfmooren der Fall ist, die auch unter den Namen Moor-, Moos- oder Bruchboden bekannt und erst nach vollkommener Entwässerung als Feld oder Wiese benutzbar sind. Dann eignen sie sich vortrefflich zur Pflanzencultur, wie dies die grossen urbar gemachten Torfmoore Schottlands und die Rimpau'schen Torfculturen in Norddeutschland beweisen.

Die diesem Boden eigenthümlichen bodenstäten Pflanzen sind — für den trockenen Humusboden: scharfer, wolliger und Acker-Hahnenfuss, Schöllkraut, Erdrauch, Ackerhanf, Hedderich, Tageslichtnelke, Kornrade, blaue Luzerne, gem. Kreuzkraut, Rainkohl, Zaunwinde, schwarzer Nachtschatten, rothe Taubnessel, Sumpfziest, Kammgras — für den nassen Humusboden (Torf-Moorboden): die Riedgräser, Wollgräser, Simsen, Läusekraut, Sumpfknabenkraut, bittere Kresse, Sumpfborst, Weiderich, Wasser- und Waldmünze, Sumpfampfer.

B. Die Bodenarten nach ihren Ablagerungsverhältnissen.

Jede Bodenart ist als ein vollendetes oder in der Entwickelung begriffenes Bildungs- oder Formationsglied der Erdrinde anzusehen und als solches steht sie nicht nur in gewissen Beziehungen zu den anderen Erdrindemassen, sondern nimmt auch sowohl in horizontaler als verticaler Richtung einen gewissen Raum ein.

Was den ersten Punkt anlangt, können die anderen Erdrindemassen die Unterlage (Sohle) oder Decke einer Bodenart bilden oder verschiedene Bodenarten können durch mehrfach wiederholte Wechsellagerung in Verbindung mit einander stehen.

Die Sohle, auf welcher eine Bodenart lagert, besteht entweder aus derselben Felsart, aus welcher die auflagernde Bodenart entstanden ist oder sie wird aus einer Gesteins- oder Steinschuttmasse gebildet, welche ganz verschieden ist von dem auf ihr ruhenden Boden. Ersteres ist der Fall bei den sogenannten angestammten, sedentären oder Verwitterungsboden oder, wie Fallou sie nennt, Grundschuttgeländen; letzteres bei den angeschwemmten, alluvialen, sedimentären Boden oder Fluthschuttgeländen.

Die unterscheidenden Merkmale der sedentären und sedimentären Bodenarten sind kurz folgende: Der sedentäre Boden enthält nur Trümmer seines in der Regel in geringer Tiefe anstehenden Grundgesteins, bei den sedimentären Bodenarten ist die Herkunft des Muttergesteins meist unbekannt, sie sind Gemenge sehr verschiedener zersetzter und unzersetzter Gesteine und Mineralien, die mit dem Grundgebirge der Bodenart nichts gemein haben. Erstere zeigen meist scharfkantige Splitter und Brocken des Grundgesteins, letztere abgeschliffene und abgerundete Körner, Gerölle und Geschiebe verschiedener Gesteine; erstere werden nur durch eine unmittelbar auf dem Grundgestein aufliegende Bodenart repräsentirt, letztere stellen meist mehrere Schichten verschiedener Bodenarten über einander dar (Geröllschutt, Mergel, Lehm, Sand, Marsch-Thonmoorboden); erstere zeigen keine scharfe Grenze zwischen Grund und Boden, letztere

sind geschichtet und zeigen — mit Ausnahme des Lössmergels — bandartige Streifung.

1. Die sedentären (Verwitterungs-, primitive, angestammte) Bodenarten.

Die sedentären Bodenarten liegen entweder unmittelbar auf ihrem festen Muttergestein auf oder sie ruhen auf aus dem Muttergestein hervorgegangenem Steinschutt. Im ersteren Fall sind sie meist weniger mächtig und weniger fruchtbar. Haben sich auf dem Verwitterungsboden Pflanzen angesiedelt und zur Bildung von Humus Veranlassung gegeben, so bilden sich verschiedene Schichten, die Senft folgendermassen beschreibt: Zu oberst als Decke: abgestorbene, noch in der Humification begriffene Pflanzenreste, darunter eine dunkelbraun erdige, moderig riechende, feuchtwarme Lage von Humus, darunter der eigentliche Verwitterungsboden, aber in seiner obersten Lage untermischt mit feinzertheiltem Humus; in seiner mittleren Lage untermischt mit noch in Vermoderung begriffenen Wurzelabfällen; in seiner untersten Lage nur Mineralboden; zu unterst endlich Felsgerölle oder festes Gestein.

Fallou[1]) theilt die sedentären Bodenarten folgendermassen ein:

I. Bodenarten der Quarzgesteine.

1. Bodenarten der Quarzfelsgesteine (Quarzitboden, Kieselschieferboden).

2. Boden der Quarzconglomeratgesteine (rother Quarzconglomeratboden, grauer Quarzconglomeratboden).

3. Boden der Quarzsandgesteine (Quadersandsteinboden, Grauwackensandsteinboden, Keupersandsteinboden, Rothsandsteinboden).

II. Bodenarten der Thongesteine.

1. Thonstein- oder Porphyrtuffboden. 2. Thonschieferboden. 3. Grauwackenschieferboden. 4. Thonmergelschieferboden.

III. Bodenarten der Glimmergesteine.

1. Glimmerschieferboden. 2. Gneisboden. 3. Kalkglimmerschieferboden. 4. Chloritschieferboden.

IV. Bodenarten der Feldspathgesteine.

1. Granitboden. 2. Granulitboden. 3. Syenitboden. 4. Porphyrboden. 5. Trachytboden. 6. Phonolithboden.

V. Bodenarten der Kalk- und Kalktalkgesteine.

1. Jura- und Muschelkalkboden. 2. Juradolomitboden.

VI. Bodenarten der Augit- und Hornblendegesteine.

1. Basaltboden. 2. Grünsteinboden. 3. Serpentinboden.

---

1) F. A. Fallou, Pedologie. Dresden. G. Schönfeld's Buchhandlung.

Die mineralogische Charakteristik dieser sedentären Bodenarten ist bereits oben bei Besprechung der Verwitterungsproducte gegeben worden, hier seien nur noch kurz die wichtigsten dieser Bodenarten in ihrer Beziehung zur Vegetation und zum landwirthschaftlichen Betrieb geschildert.

Der Quarzitboden ist kein culturfähiger Ackerboden, nicht einmal der Waldbaum gedeiht auf ihm, so lange sich nicht eine Moderschicht, durch eine feuchte Moosdecke geschützt, darauf gebildet hat. Auch der Kieselschieferboden ist dem Landwirthe nicht günstig und lohnt kaum die beschwerliche und kostspielige Bearbeitung.

Der rothe Quarzconglomeratboden eignet sich nur für den Waldbau, er zersetzt vermöge seiner Wärme und seines bedeutenden Eisenoxydgehaltes den Dünger leicht; der graue Quarzconglomeratboden ist dem Quarzitboden ganz ähnlich.

Der Quadersandsteinboden ist flachgründig, gehaltlos und unfruchtbar, sehr locker, durchlässig und zum Feldbau nicht geeignet, Fichte und Kiefer gedeihen. Der graulichweisse, meist zugleich gelb oder braun gefleckte Grauwackensandsteinboden ist bindig, im feuchten Zustande zäh und klebrig, trocken wird er rissig und splittrig, eine schwache filzige Rasennarbe und dürftige Vegetation bezeugen seine Unfruchtbarkeit, als Ackerboden steht er in gleichem Range mit dem Quadersandsteinboden. Der Keupersandsteinboden, vorherrschend lichtröthlich- oder bläulichgrau gefärbt, ist meist bindig, wiewohl locker und krümlich; in seiner Varietät als Buntsandsteinboden ist er roth und zeigt in Thalgründen einen schönen Rasenteppich, auf den flachen Gebirgsrücken ist er nicht zum Feldbau geeignet, weil er fahl, gehaltlos und sehr durchlässig ist, es gedeihen nur Kiefern. Der Rothsandsteinboden ist der erdreichste Boden aller Sandgesteine und ein guter Ackerboden.

Der Thonsteinboden ist nicht sehr verbreitet und landwirthschaftlich mit dem Quarzitboden gleich zu stellen, von einer bindigen Ackererde ist bei ihm selten etwas zu sehen, er trägt daher auch nur verkrüppeltes Strauchwerk und Haidekraut, hingegen ist der Thonschieferboden viel verbreiteter und auch anbauwürdiger. In der Regel bläulichgrau, im Untergrunde graulich- oder ockergelb, zeigt er sich der Waldvegetation, besonders der Fichte und Buche günstig. Der Grauwackenschieferboden ist flachgründig und nur mit sehr dürftigem Pflanzenwuchs bedeckt, er eignet sich mehr zum Waldbau (Tannen und Fichten), als für den Feldbau. Der Thonmergelschieferboden ist feucht ein zäher, schliffiger Teig, ausgetrocknet wird er rissig und zerspringt in lauter unregelmässige eckige Stücke. Im Ganzen ist er ein fruchtbarer Boden und

trägt hier und da (z. B. auf den Höhen des Neckargebirges) auch Wein.

Der Glimmerschieferboden gehört von Natur aus nicht zu den fruchtbaren Ackerboden; flachgründig ist er zwar leicht und gut zu bearbeiten, leidet aber oft an zu grosser Lockerheit in Folge des nur schwer verwitterbaren Glimmers und Quarzes, welche Gesteine zu Sand zerfallen. An Abhängen guter Lage eignet er sich sehr gut zum Weinbau und im Gebirge zum Kartoffelbau, verlangt aber viel Dünger. Der Gneissboden ist ein loser, nur im Obergrunde und nur im feuchten Zustande locker gebundener Schutt von zersetztem und unzersetztem Gestein und in seiner Beschaffenheit wenig vom Glimmerschieferboden verschieden. Der in den salzburger, tyroler und kärntener Alpen vorkommende Kalkglimmerschieferboden ist selten tiefgründig, verliert seine Kalk- und Talkerde durch Auslaugen sehr bald und stellt dann einen losen, staubigen Schieferschutt dar, welcher die Mühe des Anbaues nicht lohnt und schon vermöge der Lage lediglich der Flora des Waldes überlassen bleiben muss. Der Chloritschieferboden zeigt an Thalgehängen einen schwachen Rasenteppich, den man zur Weide benutzt, weiter oben im Gebirge aber wird er ein ganz wüstes Getrümmer, welches nur noch durch das Wurzelgeflecht der Haide und Alpenrosen zusammengehalten wird.

Auf dem Granitboden hoch gelegener Gegenden ist von Ackerbau wenig zu spüren. An südlichen Gehängen zeigt sich wohl hin und wieder ein Flachs-, Hafer- und Kartoffelfeld, auch von Sommerkorn, auf welchem man die schwachen, kurzährigen Halme zählen kann, aber der grösste Theil dieses Bodens ist von hohem Nadelwald bedeckt. Besonders gedeiht die Fichte auf Granitboden.

Ganz anders ist der Boden in den Gesenken und Thalgründen. Hier, wo der von allem Anfang her durch Verwitterung entstandene Boden auf seinem Lagergrunde sitzen blieb und noch ausserdem einen ansehnlichen Zuwachs erhielt durch den von den nahen Anhöhen abgeschwemmten Erdschutt, ist er ein bindiger und sehr fruchtbarer Boden. Wo er zuweilen Mangel an Kalk hat, zeigt sich eine Kalkung überaus vortheilhaft.

Der Granulitboden ist gleich dem Granitboden ein je nach der Lage mehr oder weniger fruchtbarer Boden, der Syenitboden gilt als sehr fruchtbar, ist kalkreich und zählt zu den bindigen Bodenarten, besonders wenn er nur wenig unzersetztes Gestein mehr enthält.

Der Porphyrboden ist meist viel lockerer als der Granit- und Gneissboden, weil er immer viel zu Gruss zerfallenen Porphyr enthält. Geringe Mengen von Kalk fehlen selten, von Natur ist er

fruchtbar. Trachytboden ist in Deutschland selten, sein Werth als Ackerboden wird wesentlich von seinem Gehalt an Kalk- und Talk-Carbonaten bedingt. In den Thalmulden ist der zusammengeschlämmte Trachytboden äusserst fruchtbar. Der Phonolithboden ist wegen der Steilheit seines Grundgebirges sehr selten tiefgründig; wo er bebaut wird, ist er bräunlichgrau, im Untergrund weiss und ockergelb. Würde er sich in mächtigeren Ablagerungen finden, wäre er einer der fruchtbarsten Bodenarten, so aber gehört er zu den unfruchtbarsten.

Der Jura- und Muschelkalkboden zeigt selten über 1 Mtr. Verwitterungsschichten, zur Noth pflügbar ist er nur bis $^1/_3$ Mtr.; seine Farbe ist bräunlichgelb, die Krume des angebauten Bodens gelbgraulichbraun. Er ist trotz seiner Flachgründigkeit überall angebaut und keineswegs unfruchtbar, besonders in Thalwellen, wo er durch Auflagerung der von den angrenzenden Anhöhen abgespülten Stauberde mächtigere Schichten bildet. Der reine Kreideboden ist ein steriler Boden, der Plänerkalkboden wäre keineswegs so schlecht, doch kommt das Gestein selten in einer Lage und Höhe vor, dass es seinen Einfluss auf den Boden geltend machen könnte. Wo dies der Fall ist, trägt er (z. B. im Teutoburger Walde) schönes Laubholz.

Der Dolomitboden kann sich, da die Dolomitgebirge schroff in die Höhe steigen, nur auf terrassenförmigen Vorsprüngen, Mulden und Hohlungen der Thalgehänge erhalten; er ist wenig fruchtbar und trägt nur schwache Moos- und Rasendecke, eine verkrüppelte Fichte oder einen niederen Wachholderstrauch.

Die durchschnittliche Mächtigkeit des angestammten Basaltbodens ist nicht höher als $^2/_3$ Mtr. Seine Fruchtbarkeit ist sehr verschieden, je nachdem er auf Höhen und Gehängen oder am Fusse der Basaltberge lagert. Nur im letzteren Falle ist er als bauwürdiger Ackerboden zu betrachten. Er ist im Allgemeinen gelblich- oder graulichbraun, feucht schwarzbraun, sehr bindig und äusserst zäh, trocken dagegen wie Stein, so dass er kaum zu pflügen ist. Frisch aufgerissen, zeigt er stets schliffige und glänzende Schollen. Trotzdem ist er eine sehr ergiebige Bodenart, denn er hält sich sehr lange feucht und zugleich auch warm. Der seichte Basaltschuttboden der Höhen und Gehänge trägt bei günstiger Lage schönes Laubholz, besonders Eichen und Buchen und bei zunehmender Steile und Höhe noch Fichten und Kiefern.

Der Grünsteinboden ist bindig, übrigens bröcklich, auf der Bruchfläche grobkörnig, meist gelb- oder graulichbraun, bisweilen ockergelb, weiss und braungefleckt. Trotz seiner Flachgründigkeit

gebührt ihm in landwirthschaftlicher Hinsicht der Vorzug vor dem Thon- und Grauwackenschieferboden, von welchem er fast allerwärts begrenzt und eingeschlossen wird.

Der Serpentinboden ist in Folge der chemischen Zusammensetzung seines Muttergesteines, das keinen Thon liefert, nicht bindig und stellt einen leichten, losen Staub dar, der leicht abgespült oder vom Winde weggetragen wird. Er ist sehr durchlässig und trocknet leicht aus. „Man erkennt die Serpentinberge, wenn sie nicht mit Wald bewachsen sind, schon aus der Ferne an ihrer verbrannten und abgestorbenen Rasendecke, es sind öde, dürre Horste, wie alte Schlackenhalden. Das frische Grün, womit sie sich im Frühjahre überziehen, ist nach wenig warmen Tagen schon wieder verschwunden, die schwache Rasennarbe ist zerrissen, man sieht nur noch einzelne Fetzen mit verdorrtem, struppigem Gras bedeckt.“ Von Waldbäumen gedeiht nur die Kiefer.

2. Die sedimentären (alluvialen, angeschwemmten) Bodenarten.

Die sedimentären oder alluvialen Bodenarten sind die wahre Heimath des Ackerbaues. Alluvionen können durch Wasser oder durch Luft bewirkt werden, letztere freilich kann nur die leichtesten Stoffe fortführen. Das Product der Alluvion setzt nothwendig eine ebene oder flachgeneigte Lage voraus, wo es haften und lagern kann und, da bei den hier am meisten in Betracht kommenden Wasserströmungen die Bewegung nach abwärts geht, zugleich eine tiefer liegende Fläche. Alluviale Boden können sich nur da finden, wo Bäche, Flüsse oder Meere sind oder gewesen sind. Da das Gebirgsland nirgends höher als bis 366 Meter vom Meere überspült wurde und die Meeresalluvionen die wichtigsten und ausgebreitetsten Terrains für den Ackerbau bilden, so reicht im Allgemeinen von 367 Meter aufwärts bis auf Höhen, wo es überhaupt keinen culturfähigen Boden giebt, der Grundschutt, der Fluthschutt von 367 Meter abwärts bis zur Küste des Meeres, wo sich der für den Ackerbau nutzbare Boden gleichfalls verliert. Uebrigens giebt es in beschränkter Ausdehnung in der Region des Grundschuttes angeschwemmten Boden, wie es in der Region des Fluthschuttes angestammten Boden giebt, zum ersten Falle gehören die Flussalluvionen in den Thalmulden, zu letzterem Fall, der sehr vereinzelt ist, wären z. B. die Verwitterungsproducte der erratischen Geschiebe zu nennen.

Am besten studirt ist das Schwemmland der grossen norddeutschen Ebene.

Nach Orth[1]) enthält das Schwemmland der norddeutschen Ebene Absätze aus den Epochen der Braunkohlenformation, des Diluviums und Alluviums. Obwohl die tertiären Massen oberflächlich wenig zu Tage treten, wiegen sie doch quantitativ vor. Die Hauptmasse ist Sand, meist ein reiner Quarzsand, nach unten hin gröber, nach oben feiner werdend, dazwischen vereinzelt sandiger Thon und Letten sowie Braunkohlen. Während das Material der Tertiärformation mehr auf das südlich vorliegende Festland hinweist, stammen die Bestandtheile des Diluviums grossentheils aus dem Norden. Das Diluvium besteht gleich den tertiären Massen grösstentheils aus Sand, Thon und Mergel, der Sand hat aber in ersterem ein gröberes Korn und enthält unzersetzte Mineral- und Gesteinsfragmente. Der feine Tertiärsand ist weiss oder wasserhell, scharfkantig und splittrig und besteht nur aus Quarz, die diluvialen Quarzkörner sind zum grössten Theil abgerundet, weisslichgrau bis gelb, zugleich findet man zwischen ihnen durchgehends kleine rothe Feldspathfragmente und Bryozoenreste, kleine löcherige Korallenzweige mit einem Kalkskelett, in Folge dessen dieser Sand mit Säuren schwach aufbraust. Nach oben hin wird er begrenzt durch Mergel, oberhalb in kalkfreien Lehm übergehend und schliesslich häufig von Sand überdeckt. Die oberen Schichten des Diluviums, der Diluvialmergel und Lehm, sind durch Geschiebe und die sogenannten erratischen Blöcke charakterisirt, der Geschiebmergel ist ein Gemenge von viel grobem und feinem Sand mit Quarzstaub, Thon, Eisenoxydhydrat und kohlensaurem Kalk. Oft ist dieser Mergel in zwei Abtheilungen abgesetzt, welche unmittelbar über einander lagern oder durch eine Diluvialsandschicht getrennt sind. Der obere Mergel ist meist ohne Schichtung oder eine besondere Structur und von hellerer Färbung, der untere dagegen mehr verhärtet und besitzt eine eigenthümliche transversale Schieferung, wodurch er beim Austrocknen in zollgrosse und scharfkantige Stückchen sich abtrennt.

Der Diluviallehm unterscheidet sich von dem Diluvialmergel durch die dunklere gelbbraune bis röthlichbraune Farbe, anderes Gefüge und den Mangel an Kalkcarbonat. Der auf grosse Strecken den Diluviallehm in einer Mächtigkeit von 1—10 Fuss überlagernde Sand unterscheidet sich von dem unteren Diluvialsand durch ein weit ungleicheres Korn, durch die Trübung, die er, mit Wasser geschüttelt, hervorruft und durch den Mangel an Kalk. An der oberen Grenze des Diluviums enthält der Sand zuweilen auch Humus und bildet so den Uebergang zu einer höheren Cultur, was freilich längere Zeit in Anspruch nimmt.

1) A. Orth, Die geognostisch-agronomische Kartirung. Berlin. Ernst u. Korn. 1875.

Auch in den Gebieten des Alluviums finden sich, wenn auch local und von veränderter Beschaffenheit, sandige, thonige und selbst mergelige Absätze. Bei inniger Mengung des Lehms mit vegetabilischem und thierischem Humus und kohlensaurem Kalk entstehen die fruchtbarsten Bodenarten, bei vollständiger Sonderung von Sand und Geröll die unfruchtbarsten.

Fallou[1]) sieht von einer Trennung der Diluvial- und Alluvialgebilde ab und theilt die Alluvionen dem Alter, dem Wesen und Bestande nach ein in

A. Wasser-Alluvionen.
   a. Meeres-Alluvionen
   1. der Gerölle und Geschiebe (Molassegeschiebe, Driftgeschiebe),
   2. der Mergel (Lössmergelboden, Sand- und Grandmergelboden),
   3. der Lehme (Glimmerlehmboden, Thonlehmboden, Grand- und Sandlehmboden),
   4. Sande (Lehmsandboden, Grandlehmsandboden, Moorsandboden, Haidesandboden),
   5. Marschen (Flussmarschboden, Seemarschboden).
   b. Fluss-Alluvionen (besitzen keine grosse Verbreitung).
   1. Flussgeschiebe,
   2. Flusssande,
   3. Flusslehme.

B. Luft-Alluvionen (besitzen keine grosse Verbreitung).
   1. Flug- und Dünensande,
   2. Schlackensande,
   3. Trachyttuffe.

C. Accessionen des Bodens (Bruch-, Torf- und Haidemoorboden, Kalktuff, Raseneisenstein).

Die Gerölle und Geschiebe bestehen aus Trümmern des Grundgebirges, die ihre ursprüngliche eckige und scharfkantige Gestalt durch das Fortbewegen unter strömenden Gewässern auf felsigem Grund verloren haben und in eine abgerundete und abgeschliffene Form übergegangen sind; sie liegen als die erste Ablagerung aller geschwemmten Bodenarten zunächst auf der Grundfeste der Erde. Sie sind meist in der Grösse von Tauben- bis Hühnereiern; Geschiebe, welche einen grösseren Durchmesser als $^1/_3$ Meter haben, nennt man Blöcke. Gerölle und Geschiebe unterscheidet man in so weit, als erstere aus Trümmern von Gesteinen mit dichtem und körnigem Gefüge und massiger Structur entstehen und mehr gerollt, daher

1) F. A. Fallou, die Hauptbodenarten der Nord- und Ostsee-Länder des Deutschen Reiches. Dresden 1875.

kugelförmig werden. Die Geschiebe, welche von Trümmern schiefriger, blättriger oder plattenförmiger Structur stammen, werden mehr geschoben als gerollt und erhalten so eine flache, elliptische Form.

Die Molassengeschiebe bestehen nur aus weissen, dichten und undurchsichtigen Quarz- und grauen oder schwarzen Kieselschiefertrümmern, vermengt mit einem grobkörnigen Sande dieser Gebirgsarten. Zum Feldbau können sie nicht benutzt werden, verdienen aber die grösste Beachtung, wenn sie in angemessener Mächtigkeit von einem zähen, lettenartigen Lehme oder Mergel überlagert werden, weil sie dann einen durchlassenden Untergrund für den auflagernden bindigen Obergrund bilden.

Die Driftgeschiebe bestehen nicht blos aus Quarz, sondern aus einem Gemenge der verschiedenartigsten Gebirgsarten. Sie finden sich niemals unter der Braunkohle und sind unzweifelhaft nordischen Ursprunges. In landwirthschaftlicher Beziehung gilt für die Driftgeschiebe so ziemlich dasselbe wie für die Molassengeschiebe, nur sind erstere in so fern wichtiger als sie oft leicht zersetzbare Gesteine enthalten, auf deren Verwitterungsproducten Kiefern, Birken und Espen gedeihen.

Der Lössmergelboden ist ziemlich verbreitet, er bildet ein inniges feinerdiges, scheinbar gleichartiges Gemenge von Thon-, Kalk-, Glimmer- und Kieselstaub, ist bindig, aber meist sehr locker, so dass er mehlig abfärbt und sich leicht zu Pulver zerreiben lässt. Die Farbe ist licht, graulich- bis ockergelb, hie und da braun gestreift. Unter Wasser zerweicht er zu einem feinen Schlamm, mit Säuren braust er stark auf. Ueber die Bildung des Lössmergels giebt es verschiedene Ansichten. Agassiz meint, derselbe sei nichts anderes als Gletscherschlamm, Andere sagen, er sei zersetzter Liasmergelschiefer, wieder Andere, er sei blos Lehm, dessen untere Schichten ihren kohlensauren Kalk durch einsickerndes Regenwasser erhalten hätten. Fallou ist der Ansicht, dass sich der Lössmergel, entsprechend seiner Lagerung, lediglich durch Niederschlagung in ruhigem Wasser gebildet habe. Charakteristisch für den Lössmergel ist, dass in ihm keine Schichtung zu beobachten und dass er in senkrecht abgestochenen Lagern von oben bis unten eine einzige, dichtgeschlossene, gleichfarbige und gleichartige Masse bildet. Seine Mächtigkeit beträgt gewöhnlich 3—7 Meter, bisweilen auch bis 20 Meter.

Der zu Tage liegende oder $^1/_3$ — $^2/_3$ Meter von Lehm überdeckte Lössmergelboden ist eine ganz vorzügliche Bodenart. Ganz besonders gut gedeihen auf ihm Obst und Getreide, speciell Weizen. Auch die Futterkräuter, z. B. Klee, gerathen sehr gut, nur für die Qualität der Kartoffeln ist er nicht günstig. Für gartenmässige Cul-

turen ist er sehr geeignet. Der Lössmergel lässt sich sehr leicht bearbeiten.

Der Sand- und Grandmergelboden. Ersterer, welcher in der Krume bräunlichgrau, im Untergrund gelblichgrau, bindig, aber locker und krümlich ist, sich leicht zerbröckeln und zerreiben lässt und etwa 10—20 Proc. kohlensauren Kalk enthält, steht hinsichtlich seiner landwirthschaftlichen Benutzung dem Lössmergelboden nach, liefert aber bei entsprechender Witterung nicht nur alle Getreidearten, sondern auch vorzüglich Klee, Wicken, Luzerne, Esparsette, Bohnen, Mohn und in manchen Gegenden (Neutomysl in Posen) auch Hopfen. Der Grandmergel liegt in der Regel unter dem Sandmergel, enthält nur etwa 30—40 Proc. Reinerde incl. 18—24 Proc. Kalkcarbonat. Das Auftreten von Klatschrosen in überwiegender Menge ist ein Fingerzeig für sein Vorhandensein.

Der Glimmerlehmboden überlagert gewöhnlich den Lössmergel, enthält aber gar keinen kohlensauren Kalk und überhaupt ganz andere Mineralbestandtheile und zwar neben Quarzsand und Glimmer kleine Splitter von Porphyr, Kieselschiefer, Feldspath und Feuerstein. Als Ackerboden steht er hinter dem Lössmergel, ist aber wegen seiner Lockerheit, seines beträchtlichen Gehaltes an Reinerde und seiner niederen, flachwelligen Lage eine sehr gute und fruchtbare Bodenart. Die Bearbeitung ist, trotzdem er im nassen Zustande etwas an den Ackerwerkzeugen klebt, keine schwierige. Seine Hauptfrüchte sind Weizen, Gerste und Hafer, Rüben und besonders Klee.

Der sehr verbreitete Thonlehmboden (fetter Lehm, geschiebefreier Lehm, Ziegellehm) hat bindiges, ziemlich festes Gefüge, er bildet eine dichte, feinerdige Substanz, die sich wohl bröckeln, aber nicht krümeln lässt, und lagert theils auf dem Glimmerlehm, theils auf Geröllschutt, bisweilen auf dem Thone der Braunkohle oder dem festen Gestein des Grundgebirges. Er enthält zwischen 75—95 Proc. abschwemmbare Theile; charakteristisch für ihn ist, dass er in der Regel von 1 Meter abwärts 2—10, selbst bis 15 Proc. Reinerde mehr enthält, als der Obergrund in $\frac{1}{3}$ Meter Tiefe. Für die Vegetation ist er wegen seiner Tiefgründigkeit, seiner Zusammensetzung, seines grossen Gehaltes an Reinerde, seiner physikalischen Eigenschaften sehr günstig; besonders gut gedeihen Weizen, Gerste, Hafer, auch Roggen, Oelfrüchte und selbst Zuckerrüben geben gute Ernten.

Der Sandlehmboden enthält weniger Reinerde als der Thonlehmboden (50—75 Proc.) und steht in landwirthschaftlicher Beziehung hinter dem Sandmergelboden zurück, wohl aber vor dem Grandlehm. Er gehört jedenfalls noch zu den besseren Bodenarten

und trägt besonders Roggen, Gerste und Hafer, gut gedeihen auch Rothklee, Kartoffeln, Rüben, Bohnen, Luzerne, Lupinen und Gemüse. Zum Obstbau ist er weniger geeignet.

Der Unterschied zwischen Grandlehmboden und dem Sandlehm besteht nur in der Form der beigemengten unzersetzten Mineralien. Wegen des Gerölles und schüttigen Untergrundes nutzt der Grandlehm die Ackerwerkzeuge stärker ab (Ruchadlo), ausserdem verlangt er mehr Dünger, im Allgemeinen ist er aber doch noch zu den guten Bodenarten zu rechnen.

Der Lehmsandboden enthält 20—30 Proc. Reinerde, ist bindig, aber meist locker und krümlich. Sein Werth für den Ackerbau wird durch seine Mächtigkeit bedingt. Wo er genügende Tiefgründigkeit besitzt, trägt er Roggen, Gerste, Buchweizen, Hafer, Lupine und Sandluzerne, auch hie und da Meerrettig, Gurken und Kohl. Der Grandlehmsandboden ist meist nur zu Waldbau geeignet, der Moorsandboden gehört, wenn der Untergrund nicht an Nässe leidet, zu den besseren Sandbodenarten, er lässt sich leicht bearbeiten und trägt besonders Roggen, Buchweizen, Hafer, Hirse, Kartoffeln und Runkeln. Der lose Kiesel- oder Haidesandboden, in Norddeutschland sehr verbreitet, ist die durchlässigste aller Bodenarten, gewöhnlich trägt er nur Haidekraut, Borstengras, Bocksbart und Schafschwingel, von Bäumen Wachholder, Lärche und besonders Kiefer. Trotzdem dieser Boden viele schlechte Eigenschaften besitzt, lässt er sich doch bei geeigneter Cultur noch recht nutzbar machen (Brabanter Campine, Teltow).

Der Flussmarschboden ist ein scheinbar gleichartiges Gemenge von Thon, feinkörnigem Quarzsand und organischen Stoffen, häufig enthält er auch kohlensauren Kalk. In Folge des hohen Humusgehaltes (6—8 Proc.) ist er schwärzlich-braun gefärbt; er ist bindig, ziemlich fest, bröcklich, aber nicht krümlich und schwillt unter Wasser stark auf. Er gehört zu den in landwirthschaftlicher Beziehung vorzüglichsten Bodenarten, namentlich wenn er auf Mergel lagert. Weizen, Zuckerrübe gerathen ausgezeichnet, aber auch die anderen Culturpflanzen gedeihen in bester Quantität und Qualität. Die Wiesen liefern auf diesem Boden Heu und Grummet von vortrefflicher Beschaffenheit. Die Gerste wird besonders von den Brauereien gesucht und oft weit ausgeführt. Der Seemarschboden[1]) (Klei, Polderboden) an der Nordsee-Küste ist ein unerschöpflich fruchtbarer Boden, äusserlich eine völlig gleichartige Thonmasse mit wenigen silberweissen Glimmerblättchen, beträgt sein

1) Ueber die Entstehung des Seemarschbodens siehe Fallou, Pedologie 1862, S. 415.

Reinerdegehalt 90—95 Proc. In sich alle zur Pflanzennahrung nothwendigen Stoffe vereinigend, günstig gelegen, trägt er ohne Düngung die reichsten und besten Ernten. Getreide, Futter, Wiesen gedeihen gleich vorzüglich, nur für Luzerne, Esparsette ist er nicht geeignet, weil er in der Tiefe zu feucht und salzreich ist.

Die durch die Flüsse aus höheren Lagen herabgeschwemmten Flussgeschiebe dienen den durch Flussalluvionen entstandenen Ackerboden als Lagergrund und haben nur in dieser Beziehung für den Landwirth Bedeutung. Der Flusssandboden ist je nach dem Muttergestein, aus dem er entstanden ist, verschieden; da, wo er nicht mehr von den Flüssen erreicht, sondern nur bei Hochwasser überfluthet wird, ist er ein brauchbarer Acker- und Wiesenboden und enthält 30—40 Proc. Reinerde. Der Flusslehmboden (Danziger Niederung) erzeugt alle Culturgewächse in grösster Menge und Güte. Gerste, Hafer und Oelgewächse sind die besonders angebauten Pflanzen. Sein Untergrund enthält in der Regel einige Procente mehr Reinerde als die obersten Schichten.

Der Flug- und Dünensand ist anfangs die schlechteste und unfruchtbarste, kaum des Anbaues werthe Bodenart. Allmälig aber siedeln sich an geschützten Stellen doch Pflanzen (Bocksbart, Sandhafer, Sandriedgras) auf ihm an und durch Cultur, durch Bindigmachung und Bewässerung kann er zum Waldbau, ja hie und da selbst zum Feldbau tauglich gemacht werden. Der Schlackensandboden kommt nur vereinzelt vor. In Folge vulkanischer Eruptionen entstanden, stellt er ein loses, schüttiges, sand- und staubartiges Gemenge von vulkanischer Asche und Schlackengrus dar. Wenn er nicht im Laufe langer Zeit verwittert ist, in welchem Falle er Buchen trägt und selbst als Feld benutzt wird, steht er in landwirthschaftlicher Beziehung noch unter dem Haidesandboden. Der dem Schlackensandboden in Bezug seiner Entstehung verwandte Trachyttuffboden steht als Ackerboden im Werthe über ersterem.

Die eben geschilderten sedimentären Bodenarten bilden selten für sich allein ein ganzes Bodengebiet. Schon die Art ihrer Bildung macht eine schichtenartige Wechsellagerung begreiflich. Je nach den verschiedenen Witterungsverhältnissen, je nach der Intensität der Strömung, je nach der Schwere und Beschaffenheit des transportirten Materials werden sich verschiedene Steinschutt- und Erdbodenlagen über einander lagern. Nachfolgende Hebungen und Senkungen des Lagergrundes werden ihrerseits wieder zur Störung der normalen horizontalen Lagerung beitragen. Diese über einander lagernden, häufig sogar in einander fliessenden Glieder der Bodenschichten stehen unter einander in steter Wechselwirkung und

ihre Kenntniss und Berücksichtigung ist daher auch für den Landwirth von der grössten Bedeutung. Die Entwicklung des Wurzelsystems, die Grundfeuchtigkeitsverhältnisse, die Wärmeleitung, die Bodenmelioration hängen in erster Linie von der Art und Mächtigkeit der einzelnen Bodenschichten ab.

Die Mächtigkeit der Schichten wie die Qualität derselben hängt zunächst von den Witterungsverhältnissen, sodann aber auch von der Beschaffenheit des Landesgebietes ab, welches Gewässer durchfliessen. Mächtige Bodenablagerungen können nur entstehen in Schluchten, Buchten und Kesselthälern von Gebirgsländern oder auch im ebenen unmittelbaren Vorlande eines Gebirges, im Unterlaufs- und besonders im Mündungsgebiet von fast wagerecht liegenden Flachländern, welche von langsam fliessenden Strömen durchzogen werden, in den ausgefüllten Becken von ehemaligen Seeen und Meeren und endlich da, wo stark angeschwollene Gewässer auf einem und demselben Bodengrund zuerst eine grosse Menge losen Steinschuttes und später feingeschlämmten Erdschutt auf der Schuttunterlage absetzten, welche feine Erdtheile dann durch die ganze Masse gleichmässig hindurchsinterten. Ob eine lehmige Oberkrume 12 oder 24 oder 48 Ctm., ob eine Sandunterlage 12 oder 60 Ctm., eine Mergelschicht 32 Ctm. oder 40—50 Meter hat, ist für den Culturwerth des Bodens selbstverständlich von wesentlicher Bedeutung, weshalb das Studium der Boden-Profile den Landwirthen nicht dringend genug empfohlen werden kann. Nachstehendes Schema erläutert die Lagerung der Schwemmlandsglieder der norddeutschen Ebene.

Profil der Schwemmlandsglieder der norddeutschen Ebene nach Orth:

Alluvium. Gleichzeitige Bildungen.

1. Milder Humus, saurer Humus, harziger Humus, staubiger Humus;
2. Torf, Moor;
3. Raseneisenstein, Ortstein;
4. Wiesenkalk, Kalktuff, Wiesenmergel;
5. Alluvialthon, Auelehm, Marschboden;
6. Dünensand;
7. Flusssand, Grand und Gerölle, Meeressand.

Diluvium.

Oberes Diluvium.

8. Oberer Diluvialsand;
9. Geschiebeführender Lehm (gelbbraun, ohne Kreidekalk);
10. Oberer geschiebeführender Mergel (Lehmmergel, gelblichgrau, unterhalb oft dunkler).

Unteres Diluvium.

Diluvium.
11. Unterer Geschiebe führender Mergel (oft mit kleinen Braunkohlenstückchen);
12. Diluvialsand (meist mächtig);
13. Heller Diluvialglimmersand (zuweilen mergelig);
14. Brauner Diluvialglimmersand;
15. Diluvialthonmergel;
16. Unterer Diluvialsand (mit fleischrothem Feldspath und Bryozoen).

Obere Abtheilung.

17. Quarzsand (vereinzelt mit Braunkohlen);
18. Septarienthon.

Untere Abtheilung.

Braunkohlenformation.
19. Formsand (Glimmersand);
20. Dunkler Braunkohlensand;
21. Alaunthon und Alaunschiefer;
22. Braunkohlen;
23. Braunkohlenthon und Letten;
24. Feiner weisser Quarzsand (sehr mächtig, mit weissem Glimmer);
25. Grober Quarzsand (frei von Feldspath).

Als Culturland betrachtet, theilt man die Bodenschichten in Obergrund und Untergrund, die oberste Erdschichte, welche durch Ackergeräthe bearbeitet wird, nennt man „Ackerkrume".

Die Mächtigkeit des ackerbaren Bodens ist je nach örtlichen Verhältnissen eine sehr verschiedene; während in einer Gegend die Erde den felsigen Grund kaum bedeckt, finden wir in andern Gegenden Erdlagen von $^1/_4$ bis zu mehreren 100 Meter Tiefe. Je nach seiner Mächtigkeit und der Art der zu bauenden Culturpflanzen wird auch die Ackerkrume in entsprechender Tiefe meist von $^1/_4$ bis zu $^1/_2$ Meter bearbeitet. Die Ackerkrume heisst nach ihrer Mächtigkeit:

bei 2—6 Ctm. Tiefe sehr flachgründig,
„ 6—12 „ „ flachgründig,
„ 12—18 „ „ ziemlich tiefgründig,
„ 18—24 „ „ tiefgründig,
„ über 24 „ „ sehr tiefgründig.

Je tiefer die Ackerkrume ist, desto tiefer können die Pflanzenwurzeln eindringen, desto mehr Nahrung können sie dem Boden entziehen und sich aneignen. Bei jeder Pflanze steht die Entwicklung der Wurzel in einem bestimmten Verhältnisse zur Natur der Pflanze.

Eine Beschränkung dieser Entwicklung durch zu seichte Ackerkrume muss demnach von unausbleiblichem Nachtheile für die Entwicklung der Pflanzen selber sein.

Die Schichte der tragbaren Erde, welche unmittelbar unter der in Cultur genommenen Ackerkrume liegt, ist der, der letzteren fast gleichartige, ruhende Boden; er unterscheidet sich von jener dadurch, dass er in der Regel nicht gepflügt und gewendet wird; in der Farbe zeigt er sich lichter, als die Ackerkrume.

Die Erdschichte überhaupt, bis zu welcher die Pflanzenwurzeln reichen, heisst „Vegetationskrume". Nicht immer findet sich aber unter der Ackerkrume noch tragbarer Boden, oft lagert erstere unmittelbar auf Felsengrund, Thonlagern, Sand, Gerölle, Geschieben u. dgl. Man nennt eine solche Schichte, welche entweder unmittelbar unter der Ackerkrume oder unter dem ruhenden Boden lagert und eine von diesen ganz abweichende Beschaffenheit zeigt, den Untergrund.

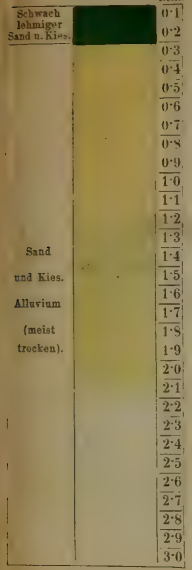
Die Beschaffenheit des Untergrundes ist von grosser Wichtigkeit für die Fruchtbarkeit der Krume und erfordert die volle Aufmerksamkeit der Landwirthe. Es fragt sich zunächst, ob er das durch die Krume sickernde Wasser durchlässt oder nicht? Besteht der Untergrund aus Thon oder Felsen, so wird er das Wasser nicht durchlassen, und solcher undurchlassende Untergrund bewirkt Anhäufung von Feuchtigkeit in der Ackerkrume, oft Versumpfung derselben, wenn er nicht etwa eine geneigte Fläche bildet, an der das Wasser ablaufen kann.

Besteht der Untergrund aus Sand, Gerölle, Geschieben u. dgl., so kann das Wasser ungehindert durchlaufen, und er heisst dann durchlässiger Untergrund. Zwischen durchlassendem und undurchlassendem Untergrund giebt es natürlich viele Abstufungen.

Wie nachtheilig ein undurchlässiger Untergrund auf die obern Schichten wirken kann, zeigt die Versumpfung und die oft grosse Verschiedenheit im Ertrage von Aeckern, welche nahe bei einander liegen, aber verschiedenen Untergrund haben. Bodenarten, die durch undurchlassenden Untergrund leiden und zu viel Wasser halten, sind immer kälter als wasserärmere, man nennt demnach den undurchlässigen Untergrund auch kalten Untergrund im Gegensatze zum warmen Untergrund (durchlässigen Untergrund). Wie schädlich aber auch ein ganz undurchlässiger Untergrund für die Ackerkrume werden kann, eben so nachtheilig wird ein ganz durchlässiger Untergrund wirken, indem die oberen Bodenschichten zu schnell austrocknen und in Folge dessen oft, zumal in regenarmen Jahren, die Culturpflanzen eingehen.

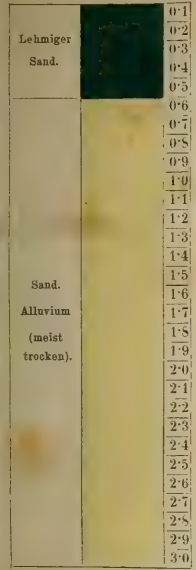
Berücksichtigungswerth ist noch, ob der Untergrund das

Niedersachswerfen (Zorgethal).



Das Profil giebt ein typisches Bild der sogenannten Steinfelder der Flüsse am Ausgange aus den Gebirgen oder innerhalb derselben, characterisirt durch grosse Trockenheit, zuweilen unterbrochen durch hohen Wasserstand.

Oderthal bei Breslau.

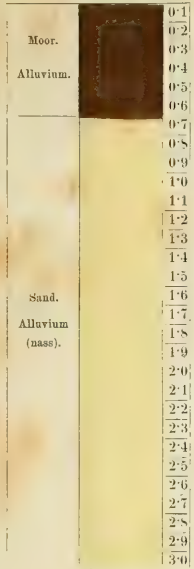


Alluvialprofil, im Werthe durch den Grundwasserstand wesentlich beeinflusst.

Rosenau (Schlesien).

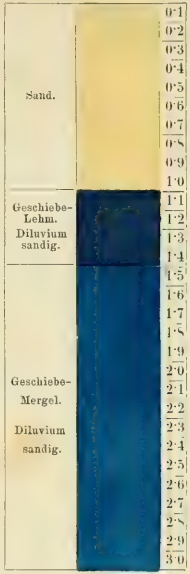
Diluvialprofil mit einer schwachmächtigen Bedeckung von gut gemengtem Lehm über Kies und Sand. Die Feuchtigkeit ist von der klimatischen Lage und dem Wetter wesentlich abhängig.

Biesdorf (Brandenburg).



Wegen Grundnässe eignet sich das Profil nur für Wiese, Wald und Sommercultur, ist bei Rajolen und starker Düngung gegen Gemüsebau dankbar. Durch Anlage Rimpauscher Dämme mit Regulirung des Wasserstandes werden alle Culturarten möglich.

Rüdersdorf.

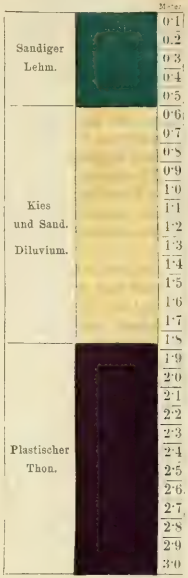


Die wechselnde Höhe des Sandes auf dem Lehm und Mergel beweist deutlich, von welcher Wichtigkeit das Bodenprofil bis zu grösserer Tiefe und die Mächtigkeit für den Bodenwerth sind.

Friedrichsfelde bei Berlin.

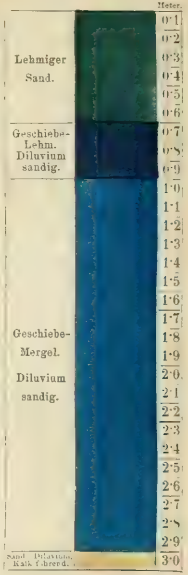
Der Boden ist durch recente Flugsand-Auflagerung um 3 Classen im Werthe verschlechtert und zeigt das Gemeinschädliche des norddeutschen Flugsandes in erschreckender Weise, nicht selten durch Aufreissen und Bestellen noch erheblich vermehrt.

Gr. Mohnau (Schlesien).



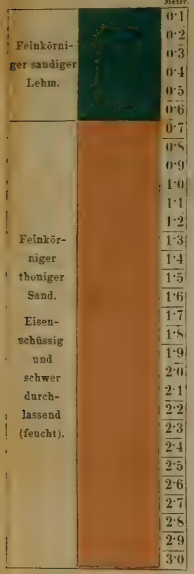
Profil eines unmittelbar unter der Oberkrume durchlässigen, in grösserer Tiefe undurchlässigen Bodens.

Berlin (Diluvialplateau).



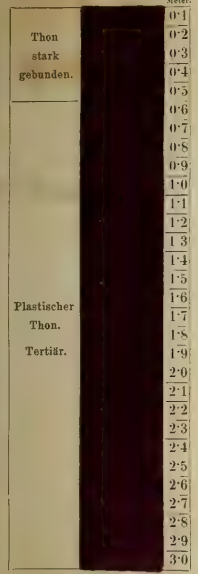
Normalprofil von vielen der besseren märkischen Diluvialböden. Der Bodenwerth wird durch den Lehm- und Mergeluntergrund grösstentheils bedingt.

Beberbeck
bei Cassel.



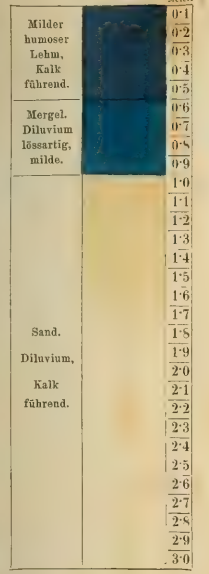
Beispiel einer Drainage bedürftigen, versäuerten und eisenschüssigen Bodengrundlage. Die geringe Durchlässigkeit ist grossentheils durch das feine Korn des Sandes und Quarzmehls bedingt. Setzt hohe Cultur voraus, ist dagegen nicht immer dankbar.

Malkwitz
(Schlesien).



Profil eines schwer zu bearbeitenden Bodens mit fast undurchlässigem Untergrunde. Zeit und Art der Bearbeitung sind auf's Sorgfältigste wahrzunehmen.

Gerlebock
bei Gröbzing.



Profil für beste Rübenqualität bei geringer Quantität des Ertrages.

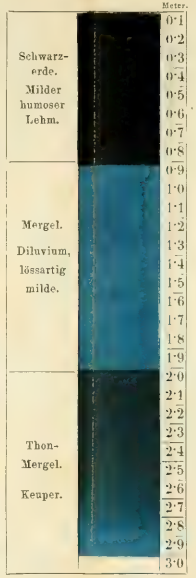
Stassfurth.

Characteristisches deutsches Schwarzerde-Profil. Thätigkeit, Bindung, Durchlässigkeit und wasserhaltende Kraft sind in vorzüglichem Grade vereinigt. Der Boden lohnt Cultur durch gute Erträge und hohen Zuckergehalt.

Halle
an der Saale.

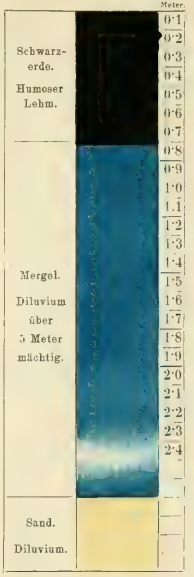
Profil eines guten Zuckerrübenbodens.

Gr. Alsleben
(Anhalt).



Profil für sehr hohe Rübenerträge, bei noch guter Qualität.

Taganrog
(Russland).



Schwarzerdeprofil aus Südrussland. Schwarzerde und Diluvial-Mergel sind in der preussischen Provinz Sachsen vielfach von gleicher Farbe und Beschaffenheit.

Wollup
bei Golzow.

Die Höhe des Grundwasserstandes ist auf Ertrag und Zuckergehalt von dem grössten Einfluss. Die quantitativ oft sehr hohen Rübenernten zeigen meist einen geringen Zuckergehalt.

Wachsthum von Culturpflanzen, deren Wurzeln sich tief versenken, wie z. B. bei Luzernklee, gestattet.

Ein felsiger Untergrund wirkt für die auf ihm lagernde Bodenart günstig, wenn er aus mürben, verwitternden Gesteinen besteht; ungünstig, wenn er eisenkiesreiche Gesteine enthält, von vielen senkrechten Rissen und Spalten durchzogen ist, eine beckenförmige zusammenhängende Oberfläche bildet oder wenn das feste Gestein eine zu stark geneigte Fläche besitzt. Ein sandiger oder erdiger Untergrund ist günstig für die Oberkrume, wenn er frei ist von das Pflanzenwachsthum schädigenden Bestandtheilen, wie Eisenoxydulsalzen, Raseneisenstein, freien Säuren u. s. w. und wenn er im Allgemeinen die entgegengesetzten physikalischen Eigenschaften der Erdkrume besitzt. Ist die Ackerkrume kalt, nass und fest, so soll der Untergrund warm, durchlassend und locker, ist erstere sehr trocken, leicht sich erhitzend, so soll letzterer kühl und die Feuchtigkeit festhaltend sein. Eine sandige, kalkreiche oder sehr flache Ackerkrume wird noch werthloser durch einen grandigen, steinigen oder sandigen Untergrund, während ein solcher für eine thonige oder zu humose Ackerkrume sehr wünschenswerth erscheint.

Um ein Bild von der Rückwirkung des Untergrundes auf den Werth des Ackerbodens zu geben, mögen nebenstehende Profile[1]) dienen.

C. Die Bodenarten nach ihrer Benutzungsart.

Es liegt nahe bei der Eintheilung der Bodenarten nach ihrer Benutzung die vier wichtigsten Culturpflanzen: Weizen, Roggen, Gerste und Hafer als Grundlage der Classification zu wählen. Einhof und Thaer unterscheiden auch noch Garten- und Wiesenland.

Diese Eintheilung des Bodens nach seiner Verwendbarkeit kann uns aber nie einen richtigen Begriff über seine Natur und Beschaffenheit geben; denn ein Acker, dem Weizen zugedacht wird, muss z. B. keineswegs immer Thonboden haben. In Belgien z. B. gedeiht in Folge hoher Cultur auf Sandboden ganz vortrefflicher Weizen. Ebenso können uns die von Schwerz gebrauchten Benennungen Garten-, Feld-, Wiesen- und Holzland nur einen beiläufigen Begriff von der Bodenbeschaffenheit geben; denn in der Praxis hat es sich gewiss nicht selten gezeigt, dass das von Schwerz als „schlechtester“ Boden angesehene „Holzland“ nach dem Abtreiben den besten Weizenboden lieferte. Es scheinen überhaupt alle dergleichen Eintheilungsversuche zu sehr von subjectiven Standpunkten

1) Mit Genehmigung des Hrn. Prof. Dr. Orth und der Verlagsfirma in verkleinertem Maassstab nach Orth's Wandtafeln für Bodenkunde dargestellt.

abhängig, und können als nur sehr relative Annahmen auf wissenschaftlichen Werth wenig Anspruch haben. Dies vorausgeschickt, führen wir hier nur das Wesentliche über die einzelnen Klassen der ökonomischen Eintheilung vor und wählen als Grundlage das System, nach welchem in den meisten civilisirten Staaten die Grundsteuer erhoben wird. Man unterscheidet hiernach folgende 7 Klassen:

Gartenboden, Ackerboden, Wiesenboden, Weideboden, Obstboden, Weinboden und Waldboden.

Gartenboden (Gartenland), ein sorgfältig bebauter und gepflegter Boden, enthält die vorzüglichste und fruchtbarste Erde mit allen Pflanzennahrungsmitteln in genügender Menge.

Ackerboden wird seiner Verschiedenartigkeit wegen nach den Früchten, für die er vorzugsweise geeignet ist, in Weizen-, Roggen-, Hafer- und Kleeboden eingetheilt.

Weizenboden muss ein kräftiger Boden sein und namentlich die nöthigen Mengen von Phosphorsäure enthalten; bindige, feuchte, mässig warme Bodenarten sind die entsprechendsten, demnach Thon- und Lehmboden wie auch thoniger Sandboden die geeignetsten.

Roggenboden bedarf der Wärme und kann auch eher trocken sein als Weizenboden; folglich werden besserer Sandboden, sandiger Lehm- und Thonboden, trockener Moorboden für ihn die geeigneten Bodenarten sein. Man rechnet Roggenboden zu den mittelkräftigen Bodenarten.

Gersteboden erfordert mittlere Bindigkeit, Feuchtigkeit, „Kraft“ und Wärme, er ist also ein Boden mittlerer Beschaffenheit (Mittelboden).

Haferboden zählt zu den geringsten Bodenarten, da Hafer fast mit jedem Acker sich begnügt, auf dem sich keine andere Frucht besser lohnt. Sand- und Moorboden, Neuland, selbst nasse Bodenarten gehören hierher. Irrig ist aber zu glauben, dass Hafer nicht auf besserem Boden auch lohnende Erträge liefere; nur seiner geringen Ansprüche halber weist man ihm gewöhnlich den schlechtesten Boden zu.

Kleeboden. Als solcher kann nur jener gelten, der tiefgründig, „kräftig“ und namentlich an Kalk reich ist.

Wiesen- und **Weideboden.** Wiesenland beansprucht warmen, mässig bindigen, kräftigen, kalkhaltigen Boden in ebener Lage. Weideland findet sich meist nur an Abhängen, die eine anderweitige Verwendung nicht mehr lohnen.

Obstboden soll tiefgründig (mindestens 3 Fuss), nicht zu bindig und kräftig sein, nebstdem in warmer, vor kaltem Winde geschützter sonniger Lage sich befinden. Als Obstboden eignen sich humoser,

kalkhaltiger, lockerer Boden, namentlich kalkhaltiger und humoser Lehmboden.

Weinboden erfordert eine noch wärmere und geschütztere Lage als Obstboden; er darf weder zu nass noch zu humushaltig sein. Gelockerter, alkalireicher Verwitterungsboden an sanften Abhängen ist der Rebe am zuträglichsten.

Waldboden wird gewöhnlich als ärmster Boden bezeichnet, doch können dem Walde alle Bodenarten entsprechen, mit Ausnahme von Thon, der zum Holzwuchs am wenigsten geeignet ist. Waldboden kann unbedingt jeder sein, der sich weder zu Wiese, noch Ackerland oder Weide eignet.

III. Die Lage des Bodens.

A. Die Höhe der Bodenfläche.

Die Höhe des Bodens über dem Meeresspiegel ist für die Culturpflanzen von grosser Wichtigkeit, denn ihr Anbau darf gewisse Grenzen nicht überschreiten, wenn sie überhaupt noch gedeihen sollen. Diese Höhen-Grenzen, über welche hinaus die Pflanzen nicht mehr gedeihen, sind verschieden nach der Art der letzteren und nach der geographischen Lage des Ortes. Mit zunehmender Höhe vermindert sich die Temperatur, mit jeder bedeutenderen Höhenabstufung ändert daher auch die Vegetation zugleich ihren Charakter. Die Culturpflanzen unseres Klimas z. B. hören bereits dort auf zu reifen, wo noch die üppigsten Laubwälder gedeihen, doch müssen auch diese bald den Nadelhölzern weichen, deren Wuchs aber immer gedrungener wird, je höher wir steigen, bis nur noch die Kiefer zum kriechenden Gebüsche verkümmert (Knieholz) erscheint und die Waldregion abschliesst. Diese Höhenstufe ist es, auf deren Plateaux die Alpenpflanzen verbreitet sind, wo aber auch schon die nackten Felsmassen abwechselnd mit dem ewigen Schnee beginnen. Mit dieser Grenze wird die Temperatur schon eine so niedrige, dass der Schnee und die Eisgletscher dauernd bleiben, daher die Benennung Schneegrenze oder Schneelinie. Die Schneegrenze beginnt natürlich in den von unseren Breitegraden nördlich oder südlich sich entfernenden Zonen auch in sehr verschiedenen Höhenstufen. Je mehr wir uns dem Aequator nähern, in um so bedeutenderer Höhe liegt die Schneelinie, am Aequator z. B. erst bei 5300 Meter; je mehr man sich den Polen nähert, um so niedriger

ist sie, so dass sie z. B. bei 80° nördlicher Breite schon dem Meeresspiegel gleich wird.

Die gleichen Pflanzenarten finden folglich in verschiedenen Ortslagen verschiedene Höhen-Grenzen, weil die Höhe der Schneelinie vom Aequator an in nördlicher oder südlicher Richtung immer mehr sinkt. In den südlicheren Theilen Schwedens reift das Getreide nur bis zu einer Höhe von 100 Meter; in den Aequator-Gegenden aber bis 400 Meter. Bei 2300 Meter Höhe herrscht auf den Plateaux des Staates Mexico ewiger Frühling, in den Bergen Islands aber schon bei 700 Meter ewiger Winter.

Für das bayerische Hochgebirge unterscheidet Sendtner folgende 10 Höhenregionen:

1. Die untere Ebenenregion oder die Region des Weinstockes (300—400 Meter).
2. Die obere Ebenenregion oder die Region der Wallnuss (400—570 Meter).
3. Die untere Bergregion (Eiche) (570—840 Meter).
4. Die obere Bergregion (Buche) (840—1440 Meter).
5. Die Voralpenregion (Fichte) (1440—1770 Meter).
6. Die untere Alpenregion (Krummholz) (1770—2040 Meter).
7. Die obere Alpenregion (Haidesträucher, Alpenrosen) (2040 bis 2340 Meter).
8. Die untere Schneeregion (Alpenkräuter) (2340—2670 Meter).
9. Die obere Schneeregion (höchste Gefässpflanzen) (2670—2870 Meter).
10. Die Kryptogamenregion (nur Moose und Flechten) (über 2870 Meter).

In Europa giebt es zwischen 48 und 60° nördlicher Breite, also im mittleren Europa, kein sich bis zur Schneelinie erhebendes Land, daher auch der Ackerbau da vorwiegend betrieben wird. Doch reicht der hierzu verwendbare Boden nur bis 1000, höchstens 1200 Meter Höhe, und darüber hinaus nimmt auch schon die Mächtigkeit der Ackerkrume immer mehr ab. Von den 6000 Quadratmeilen Norwegens liegt die Hälfte öde, da sich ihr Boden meist über die Schneegrenze erhebt und fast nur aus nackten Felsen besteht. Festland, das in gleicher Höhe mit dem Meere liegt, oder sich bis zu 170 Meter über dem Meeresspiegel erhebt, bezeichnet man als Tiefland, weit ausgedehnte Flächen Tieflandes als Tiefebene, so die libysche Ebene, die sich bis Holland und Belgien erstreckende norddeutsche Ebene u. a.

Erhebt sich das Festland über 170 Meter, so nennt man es Hochland. Es ist meist Gebirge, welches jedoch ebene Flächen einschliessen kann, die man Hochebenen nennt, dahin gehören

z. B. die grosse Bucharei und Tibet in Asien, die gobische Steppe u. a. Meeresniederungen sind an einer Seite vom Meere begrenzte Ebenen (holländische Niederung); Flussniederungen sind von einem Flusse umspülte ausgedehnte Ebenen (Nilniederungen).

Je höher der Boden gelegen, desto feuchter und kälter ist er unter sonst gleichen Umständen. Sandige, das Wasser nicht zu stark zurückhaltende Bodenarten sind da die besten. Je höher der Boden gelegen, desto langsamer geht endlich auch Verwitterung und Verwesung vor sich.

B. Die Lage (Richtung) des Bodens gegen die Himmelsgegend.

Das Wort Lage wird auch noch in dem Sinne gebraucht, dass man damit die Richtung eines Feldabhanges gegen die Himmelsgegend bezeichnet, und die Lage nach den vier Haupt- und den acht Nebenrichtungen benennt. Jedenfalls ist in dem vorgedachten Sinne die Lage von grosser Bedeutung für die Wärme-, wie für die Vegetationsverhältnisse des Bodens.

Südliche und südöstliche Abdachungen kennzeichnen sich bei uns durch raschen Witterungswechsel, höhere Temperatur, früheres Entwickeln, aber auch häufigeres Verdorren der Pflanzen; überdies sind solche Abdachungen mehr den Frühjahrsfrösten ausgesetzt; sie eignen sich besonders zum Anbau jener Pflanzen, welche viel Wärme zu ihrem Gedeihen erfordern. Die südliche Lage hat den trockenen Südost- und Süd- und den feuchten Südwest-, nebst dem feuchten nicht warmen Westwinde, während sie vor den rauhen Nordwinden geschützt ist. Diese Lage hat demnach günstige Temperatur- und Vegetationsverhältnisse. Zu heftige Austrocknung, durch welche auch wahrscheinlich die schwierige Bildung einer Bodendecke veranlasst wird, ist wohl der Hauptübelstand südlicher Abdachungen. Die grossen, berühmten Waldungen des südlichen Frankreichs sind verschwunden und die südlichen Abhänge der dortigen Berge bleiben ganz baumlos — das Schicksal aller südlichen Abdachungen, sagt der Forstmann. Die Wissenschaft sagt ihm aber: es ist deine Schuld; hättest du die vorhandenen Bestände nicht unvorsichtig niedergelegt, den steilen südlichen Abhang mit einem Male seiner Schatten spendenden Bäume nicht beraubt, so wäre der Boden nicht ausgetrocknet und hätte dann vom Winde und Regen nicht weggeführt werden können.

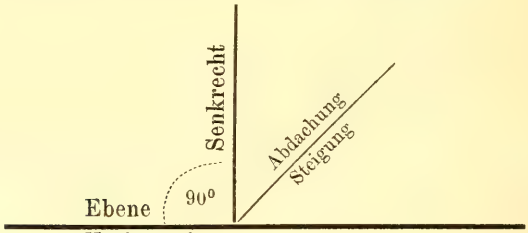
Nördliche Abdachungen lassen nur ein späteres Wachsthum bei kürzerer Dauer zu, sie sind kälter und feuchter, aber den so verheerenden Frühfrösten viel weniger ausgesetzt. Sie eignen sich namentlich zum Wiesen- und Waldbau. Der kalte trockene Nordwind ist für sie der herrschende.

Ostabdachungen trocknen am raschesten aus, indem der Boden schon von der Morgensonne getroffen wird; die Pflanzen spriessen bald empor. Nachtfröste schaden in dieser Lage weniger, weil die Sonne am Morgen noch mit geringerer Kraft wirkt und den gefrorenen Boden demnach nicht plötzlich zum Aufthauen bringt. Die Feuchtigkeit des Bodens verdunstet rasch, namentlich in Folge der austrocknenden Morgenwinde, weshalb ein zur Trockenheit geneigter Boden ungünstig ist.

Westliche Lagen bleiben des Morgens lange im Schatten; berücksichtigt man ferner noch die feuchten Westwinde, so begreift man, dass hier selbst zum Austrocknen geneigte Bodenarten sich feucht erhalten und Gewächse in ihnen gedeihen, die in südlichen und östlichen Abdachungen zu Grunde gegangen wären.

C. Die Lage des Bodens gegen den Horizont.

Liegt eine Fläche derart, dass das Senkblei mit ihr einen Winkel von 90 Grad bildet, so heisst sie horizontal, eine solche, die mit dem Senkblei zusammenfällt, hingegen senkrecht. Jede Fläche, die zwischen die senkrechte und horizontale Richtung fällt, bezeichnet man als gegen den Horizont geneigt oder abgedacht und man unterscheidet demnach in dieser Beziehung Ebene und Abdachung (Neigung), wie dies folgende Figur zeigt.



Die Lage eines Bodens bei einer Neigung gegen den Horizont von

1—10	Grad	heisst	flachgeneigt (lehnig),
10—20	„	„	abhängig,
20—30	„	„	abschüssig,
30—40	„	„	steil,
40—50	„	„	prallig,
50—90	„	„	schroff.

Bei 1—2 Grad Neigung eignet sich der Boden gewöhnlich sehr gut zum Ackerbau, von 3 Grad an immer schwieriger; 10 Grad ist schon als äusserster Grad für Gespannarbeit anzusehen.

Ueber 30—40 Grad Neigung werden die Boden meist nur noch zu Weiden und Wiesen benutzt und lassen sich, wo an höher gelegenen Punkten Quellen vorkommen, Rieselwiesen anlegen, wie sich solche mit ihrem, dem Auge so wohlthuenden Grün z. B. im Spessart finden. Bei südlichen Abhängen dienen sie mit Hilfe von Etagen zum Obst- und Weinbau. Ueber 40 Grad eignet sich der Boden nur noch zum Waldbau. Alle Ackerboden auf geneigten Flächen sind der so schädlichen Wirkung heftiger Regengüsse ausgesetzt, am meisten findet sich dieser Uebelstand natürlich bei lockerem, leichtem Boden; so wird der lockere Schiefergebirgsboden an den Abhängen des Rheingaus, den im Sommer das breite Laub der Rebe deckt und den der unermüdliche Fleiss des Rheingauers zum Standort der edelsten Reben gemacht, durch Regengüsse oft arg verwüstet.

Ein Ackerboden mit bedeutender Neigung ist selten nass und ist demnach für thonige und lehmige Bodenarten diese Lage nicht ungünstig. Bei leichterem Boden aber tritt nicht selten, namentlich wenn er austrocknenden Winden ausgesetzt ist, zu grosse Trockenheit ein.

In der Regel sind Flächen zwischen 40—50 Grad Neigung von Erde schon fast entblösst; sie bestehen entweder aus kahlen Felsenwänden, deren Spalten nur noch einzelnen Gesträuchen Halt gewähren, oder aus Gerölle, zwischen dem noch einzelne Pflanzenarten gedeihen. Sind solche steile Flächen aber mit Waldung, also auch mit Erdreich versehen, so hüte man sich, sie zu lichten oder gar abzutreiben, denn dann würde die Erde bald abgeschwemmt und der Boden ganz unfruchtbar werden; die Abholzung des Karstes bietet uns ein warnendes Beispiel.

IV. Die Eigenschaften des Bodens.

Allgemeines.

Man unterscheidet an jedem Boden zunächst zweierlei, jedoch nicht vollkommen scharf von einander zu trennende Gruppen von Eigenschaften, nämlich seine physikalischen und seine chemischen Eigenschaften.

Unter die ersteren zählt man jene, die sich durch äusserlich wahrnehmbare Erscheinungen erkennen lassen; z. B. bedarf es nicht erst der chemischen Untersuchung, um zu entscheiden, ob ein Boden bindig oder locker sei, sondern es genügt der blosse Anblick; da-

gegen kann nur eine chemische Untersuchung darüber Aufschluss geben, ob er Kali und wie viel, und ob er noch andere Bestandtheile enthalte.

Die physikalischen Eigenschaften beziehen sich demnach auf die äusserliche Beschaffenheit, die chemischen auf den inneren Gehalt des Bodens.

A. Die physikalischen Eigenschaften.

Bei der Beurtheilung der äusserlichen Beschaffenheit eines Bodens kommt ausser seiner Lage, Untergrund und Mächtigkeit, seine Lockerheit, Bindigkeit, Nässe, Kälte etc. zunächst in Frage, und ist die Kenntniss dieser Eigenschaften vom grössten Einfluss auf die Cultur der Feldfrüchte. Ihre Wichtigkeit ergab sich aus der landwirthschaftlichen Praxis und führte im Verlaufe der Zeit zur Nothwendigkeit einer rationellen Bearbeitung des Bodens. Der Landwirth schätzt und bestimmt nach jenen Eigenschaften in den meisten Fällen den Werth und die Güte des Bodens, ohne sich erst viel um die Art oder Menge der in dem Boden vorhandenen Pflanzennahrungsmittel zu kümmern.

1. Das absolute und specifische Gewicht des Bodens.

In den meisten Lehrbüchern der Agriculturchemie findet sich das specifische und absolute Gewicht des Bodens als wichtige Eigenschaft hervorgehoben und sehr eingehend behandelt. Thatsächlich lassen sich aber weder aus dem einen noch dem andern Gewichte Schlüsse auf die Gemengtheile und den Werth des Bodens ziehen; es wird hier die Angabe genügen, dass das specifische Gewicht des Bodens in der Lockerheit, wie er sich meist im freien Felde findet, mit 1,2 und das absolute Gewicht eines österreichischen Cubikfusses (0,0316 Cubikmeter) lufttrockener, nicht eingedrückter Erde mit 75 Zollpfund angenommen werden kann.

Das wissenschaftlich richtige specifische Gewicht der Erde, dieselbe als compacte, unporöse Masse gedacht, ist jedoch ein viel höheres. Nach Schöne schwankt es zwischen 2,53 und 2,71. Die erstere Dichtigkeit ist die einer humusreichen Erde aus Orenburg, die letztere eines Kalkbodens von Jena. Die Dichtigkeit von humusfreiem Sand- und Thonboden ist 2,65—2,69. Dies stimmt mit dem specifischen Gewicht derjenigen Mineralien überein, die die Masse der meisten Bodenarten ausmachen. Es ist nämlich das specifische Gewicht von

Quarz	2,66	Hornblende	2,9—3,4
Orthoklas	2,55	Kalkspath	2,7
Oligoklas	2,65	Dolomit	2,8—2,9
Labrador	2,7	Thon (100° getr.)	2,5
Glimmer	2,8—3,1	Kaolin	2,2
Augit	2,9—3,5	Gyps	2,26—2,4.

Das absolute Gewicht eines österr. Cubikfusses (0,0316 C.-Mtr.) wasserfreier Erde, wenn sie ohne Zwischenräume dieses Maass ausfüllt, kann man mit 158 Zollpfund annehmen.

2. Die Farbe des Bodens.

Die Farbe des Bodens ist bedingt von dessen Bestandtheilen; so rührt von Eisenoxyd eine rothe, von Humusstoffen eine dunkle Färbung her u. s. f. Die Farbe ist namentlich von Einfluss auf die Erwärmungsfähigkeit des Bodens und wird bei Besprechung der letzteren näher zu erörtern sein. Im Allgemeinen bleiben braun und gelb die zwei Hauptfarben des Bodens, wiewohl sie in den verschiedensten Schattirungen und Uebergängen auftreten. Reines Weiss und Schwarz finden sich selten, bei eigentlichem Ackerboden nie. Ersterer Farbe stehen die Kaolin-, Kreide- und Plänermergelboden, letzterer der Torfboden am nächsten. Glanz zeigen nur wenige Bodenarten und dann nur in nassem Zustande beim scharfen Durchschneiden mit dem Pflug, solche Boden sind der Schiefer-, Letten-, Basalt- und Thonmergelboden. Eine ziemlich constante und daher auch charakteristische Farbe haben

der Basaltboden — dunkelbraun,
„ Dolomitboden — dunkelgelblichbraun,
„ Rothsandsteinboden — rothbraun,
„ Buntsandsteinboden — röthlichgrau,
„ Quadersandsteinboden — lichtgraulichgelb,
„ Schieferlettenboden — blut- oder ziegelroth.

Der Glimmerschieferboden ist durch das Geflimmer der zahlreich beigemengten Glimmerblättchen kenntlich.

3. Das Gefüge und die Structur des Bodens.

Unter Gefüge eines Bodens ist die Art und Weise zu verstehen, wie die einzelnen Bodengemengtheile an einander gelagert sind. Immer bleiben jedoch fürs freie Auge ganz unsichtbare Zwischenräume, welche die „Porosität“ des Bodens bedingen, die, wie es sich zeigen wird, in vielfacher Beziehung von grosser Wichtigkeit für denselben ist. Liegen die Bodentheilchen nur lose neben

einander, demnach ohne Bindigkeit, so heisst das Gefüge locker oder schüttig. Haben sie aber einen engeren Zusammenhang untereinander, so ist es ein „dichtes“ oder „bindiges“ Gefüge. Die Grade von Lockerheit oder Bindigkeit sind natürlich sehr verschieden, aber der mittlere Grad von Bindigkeit (Cohärenz) ist der für die Cultur geeignetste; denn er gestattet die Ausbreitung der Wurzeln, den Zutritt von Luft und Wasser und befördert hierdurch auch den Verwesungs-, Keimungs- und Wachsthumsprocess. Im Allgemeinen wächst mit der Zunahme der Feinheit der mechanischen Structur des Bodens auch der Grad seiner Cohärenz, er steigt mit zunehmender Abtrocknung und mindert sich mit grösserem Wassergehalte.

Auf die Verringerung einer zu starken Bindigkeit wirken u. A. auch der Frost, denn durch das Gefrieren des im Boden befindlichen Wassers dehnen sich die compacten Schollen aus, sie werden lockerer, und es erklärt sich hieraus der günstige Einfluss, den das Ueberwintern schwerer Thonboden nach dem Umbrechen in rauhe Furchen ausübt. Zusatz von Moorerde und Humus mindern die Bindigkeit eines Bodens bedeutend herab. Ebenso üben gewisse Salze auf die Lockerheit des Bodens einen Einfluss aus, vor allem der zweifach kohlensaure Kalk. Das Kalken und Mergeln des Bodens bietet demnach ausser den anderen bekannten Vortheilen auch den, die zur „Coagulirung des Thons“ (Schlösing) unentbehrliche Bildung einer Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk zu veranlassen. Durch die noch nicht erklärte „Coagulation des Thones“ wird das Zusammenschlämmen des Bodens verhindert. Den directesten Einfluss auf die richtige Mitte der Consistenz aber nimmt die rationelle Behandlungsweise, denn vorzüglich durch fleissiges und aufmerksames Bearbeiten kann jedem zu bindigen Boden die gehörige Lockerung verliehen werden, wenn auch dabei anfänglich viel Zugkraft nöthig ist.

Von der grösseren oder geringeren Consistenz eines Bodens, ferner von seinem Vermögen an den Ackerwerkzeugen mehr oder weniger stark zu haften (Adhäsion[1]), ist zunächst seine Bearbeitungsfähigkeit, d. h. das Vermögen, den Ackerwerkzeugen einen grösseren oder geringeren Widerstand entgegenzusetzen, bedingt. Um diese Bearbeitungsfähigkeit genauer zu ermitteln, bedient man sich verschiedener Kraftmesser, allein alle solche Versuche können nur sehr bedingt annähernde Resultate liefern.

1) Von den Bodenbestandtheilen hat der Sand die kleinste, Thon die grösste Adhäsion, die Mitte hält Humus, u. z. ist die Adhäsion an Eisen (polirtem) immer bedeutend geringer als an Holz; demnach verlangen auch eiserne Agriculturwerkzeuge weniger Zugkraft als hölzerne.

Der Praktiker beurtheilt die Bindigkeit des Bodens aus dessen Verhalten bei der Bearbeitung und drückt die verschiedenen Grade durch besondere Benennungen aus: „Schwer“ nennt er den Boden, der den Ackerwerkzeugen den stärksten Widerstand entgegensetzt, sich nur äusserst mühsam bearbeiten lässt und dabei grosse Schollen liefert; in diesem Sinne sind der Thon-, Marsch-, See- und Flussmarsch- und Lehm-Boden mit sehr feinem Sandkorn, „schwere“ Boden.

Noch schwieriger zu bearbeiten ist der „strenge“ Boden, den der Praktiker auch wohl „zähe“ oder „widerspenstig“ nennt; er erweicht durch Wasser und setzt im trockenen Zustande den Ackerwerkzeugen den grössten Widerstand entgegen. Gewöhnlich sind es sehr humusarme Thon- und Lettenboden, die zu den „strengen“ zählen.

„Leicht“, „schüttig“, „lose“ nennt der Praktiker jenen Boden, der die entgegengesetzten Eigenschaften vom schweren und strengen Boden hat. Solcher Boden lässt sich leicht bearbeiten, klebt selbst im nassen Zustande nicht an die Ackerwerkzeuge und zerkrümelt vollständig, ohne Schollen zu bilden. Hierzu muss der Sandboden in seinen verschiedenen Modificationen gerechnet werden.

„Locker“ heisst in der Praxis jener Boden, der sich zwar ebenfalls gut bearbeiten lässt, beim Ackern jedoch nicht so zusammenfällt — zusammensackt — wie z. B. der reine Sandboden. Er quillt bei der Bearbeitung gleichsam auf, ohne alle Schollenbildung. Humusreiche Bodenarten, wie Moorerde, Gartenerde u. dgl. gehören zu den „lockeren“ Bodenarten.

„Bindig“ („geschlossen“) nennt der Landwirth jene Bodenarten, die zwar schon einen bedeutenden Zusammenhang besitzen, aber doch noch vollkommen zerkrümeln. Im Allgemeinen gehören hierher Lehm-, sehr humusreicher Thon-, humusreicher Mergel- und Kreideboden.

Die gute Structur der Ackerkrume wird bedingt im Wesentlichen durch zwei Systeme von Lücken, erstens das System der grösseren Lücken zwischen Bröckchen und Krümeln und zweitens das System der feinsten Lücken — Poren — in den Bröckchen und Krümeln selbst. Eine Ackerkrume von guter Structur wird bis zum Untergrund durch ein System von Räumen durchsetzt, in welchen sich die Spitzen der Wurzeln ohne Schwierigkeit weiter entwickeln können und dazu auch die nöthige Luft finden. Bei schlechter Structur, dichtem und geschlossenem Gefüge wird die Ausbreitung der Wurzeln nur eine kümmerliche sein können. Ganz gleichmässig wird übrigens die Structur nie sein, immer werden hier und da grössere Brocken zwischen kleineren vorkommen; gewinnen

die grösseren das Uebergewicht, so ist der Boden grobbrockig bearbeitet und seine Structur eine fehlerhafte; wird der Boden so bearbeitet, dass die Erde mehr oder weniger eine staubförmige Masse bildet, so ist dies noch weit schlimmer. Der Hauptfeind einer durch rationelle Bearbeitung und Düngung hergestellten guten Structur ist der Regen, ganz besonders der starke Regen, weil er den Boden aufweicht, die feinen Erdtheilchen zusammenschlämmt und die Ackerkrume verdichtet und schliesst. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass letzteres um so leichter der Fall ist, je feinkörniger und namentlich je reicher an Staubstand und Kieselmehl und je ärmer an gröberem Sand, Grus und Humus ein Boden ist. In trockenen Jahren erhält sich daher die Lockerung der Ackerkrume oft auch ausgezeichnet, während bei viel Nässe oft die Regen eines Frühjahres oder Sommers genügen, die Structur der Ackerkrume bis zum Untergrunde wieder zu verdichten.

Die gute Structur wird ferner um so haltbarer sein, je grösser die Tiefe der Ackerkrume ist; denn ist der Regen nicht gar zu massenhaft, so wird sich das Wasser rasch nach unten bewegen, ohne die Erde zu übersättigen und aufzuweichen, ist er aber massenhaft, so wird eine tiefe Ackerkrume jedenfalls bedeutend mehr Wasser fassen können, ehe sie übersättigt wird und aufweicht, als eine seichte. Darin liegt einer der wesentlichsten Vortheile der Tiefcultur. Dieselbe ist daher auch um so nöthiger, je feinkörniger der Boden ist, je leicher sich derselbe verdichtet und je undurchlässiger der Untergrund ist, um die Haltbarkeit der Structur einigermassen zu ermöglichen. Einen ausserordentlichen Einfluss auf die Erhaltung und Herstellung einer guten Structur haben ferner: die Bedeckung des Bodens durch Pflanzen, indem letztere die Macht des Regens abschwächen und theilweise verhindern, die Ernterückstände, endlich die Mistdüngung. Pflanzen, welche stärkere Wurzeln in die unteren Schichten der Ackerkrume hinabsenden und hier stärkere Wurzelfasern entwickeln, wie Raps, Hülsenfrüchte, hinterlassen in diesen Schichten nach der Verwesung der Wurzeln zahlreiche Gänge, in welchen die Wurzeln der nachfolgenden Saat sich leicht verbreiten können und durch welche auch eine bessere Durchlüftung stattfindet, es ist dies um so bedeutsamer, als abgesehen von der Krustenbildung an der Oberfläche die tieferen Schichten sich am raschesten und leichtesten verdichten. In ähnlicher Weise wie die Pflanzenreste wirkt eine Strohmistdüngung.

Bezüglich der rechtzeitigen Bodenbearbeitung zur Herstellung einer guten Structur ist in erster Linie das Feuchtigkeitsverhältniss des betreffenden Bodens zu beachten. Für jeden Boden giebt es einen bestimmten Grad der Feuchte, in welchem er sich mit der

geringsten Anstrengung und am vollständigsten krümelt und lockert. Haberlandt empfiehlt Bestimmung des Wassergehaltes des Bodens vorzunehmen, um den richtigen Zeitpunkt der Bearbeitung zu normiren.

4. Das Verhalten des Bodens gegen Wasser.

a. Die Wassercapacität („wasserhaltende Kraft", capillare Sättigungscapacität).

Die Wassercapacität eines Bodens ist sein Vermögen, eine bestimmte Menge Wasser in sich aufzunehmen, ohne es tropfenweise von sich abzugeben. Sie ist abhängig von dem Volumen der im Boden vorhandenen Hohlräume, die mit Wasser gefüllt werden können. Je nachdem man alle Hohlräume sich mit Wasser erfüllen lässt, wie das z. B. der Fall ist, wenn man das Wasser oben aufgiesst, oder nur die capillaren Hohlräume, wie es der Fall ist, wenn man das Wasser capillar von unten aufsteigen lässt, unterscheidet man die volle oder grösste Capacität und die absolute oder kleinste Capacität. Zieht man das absolute Gewicht der Erde zugleich mit der absoluten Wassercapacität von dem Gewichte der Volumeinheit der nassen Erde ab, so erhält man eine Zahl, welche die Cubikcentimeter Luft angiebt, die in der Volumeinheit Boden im Minimum nach einer vollkommenen Anfeuchtung noch vorhanden sind und die Mayer die kleinste Luftcapacität zu nennen vorschlägt. Die volle Capacität lässt sich berechnen oder empirisch bestimmen. Die Berechnung geschieht einfach nach der Formel

$$C = \frac{G' - G}{G'} = 1 - \frac{G}{G'}$$

in welcher Formel C die Wassercapacität, G das scheinbare specifische Gewicht des Bodens, G' das wirkliche der Bodenelemente bedeutet. Der gefundene mathematische Ausdruck mit 100 multiplicirt giebt die Wassercapacität in Procenten. Die berechneten und empirisch bestimmten Zahlen werden aber selten stimmen, einestheils wegen der Fehlerquellen, welche an den empirischen Bestimmungsmethoden selbst hängen und dann weil einzelne Erdtheile, z. B. Humus, selbst quellungsfähig sind.

Aus den über die Wassercapacität der verschiedenen Bodenarten vorliegenden Untersuchungen ergiebt sich, dass dieselbe zunächst von der Menge der Feinerde abhängt, aber nicht in demselben Verhältnisse wächst, wie die Zunahme der letzteren. Je mehr Humus im Boden, desto grösser ist die Sättigungscapacität.

Thon fördert die wasserfassende Kraft mehr als feinster Sandstaub, rauhe und eckige Körner sind günstiger als glatte und runde. Die chemischen Eigenschaften scheinen keinen Einfluss zu haben, die chemischen Bestandtheile wirken nur durch die Art ihrer Vertheilung. Wärme vermindert die wasserhaltende Kraft. Haberlandt fand, dass von kochendem Wasser um 6,9 Proc. weniger aufgenommen wurden als von solchem, das 15° C. zeigte.

Einen bedeutenden Einfluss übt die lockere oder dichtere Lagerung der Erde auf ihre Wassercapacität aus. Eine Ackerde, die locker eingefüllt 59 Proc. Wasser aufnahm, fasste, wie Haberlandt berichtet, eingerüttelt 45,8 Proc. und eingestampft 37,9 Proc.; je lockerer also die Erde, desto grösser die Wasseraufnahme, je fester, desto geringer.

Einige Zahlen über die Wassercapacität verschiedener Bodenarten mögen noch Platz finden.

Nach Meister fasst

Sandboden (82 Proc. Sand)	45,4	Proc.	Vol.	Wasser,
Quarzsandboden	46,4	„	„	„
Kreideboden	49,5	„	„	„
Thonboden	50,0	„	„	„
Gypsboden	52,4	„	„	„
Kalkboden	54,9	„	„	„
Lehmboden	60,1	„	„	„
Torfboden	63,7	„	„	„
Sandboden (64 Proc. Sand)	65,2	„	„	„
Gartenerde	69,0	„	„	„
Humusboden[1])	70,3	„	„	„

Liebenberg untersuchte eine grosse Anzahl Boden auf ihre Wassercapacität. Einige seiner Resultate sind nachstehende:

	Berechnet	Durch Aufgiessen		Durch Aufsaugen	
		1.	2.	1.	2.
Grober Diluvialsand . . .	21,8	18	16,12	19	12,43
Mittelfeiner Tertiär-Sand .	23,6	22	24,25	22	19,81
Feiner Tertiär-Sand . . .	32,1	31,5	34,9	33	31,55
Feiner Diluvialsand . . .	25,6	21,5	25,5	23	21,24
Grober Tertiärsand . . .	18,6	12	13,2	16	13,64
Porphyr-Verwitterungsboden	36,0	29,5	31,12	27	25,95
Diluviallehm	33,4	27	29,82	25	23,95
Diluvialmergel	33,4	26	27,45	24	25,85
Porphyr-Conglomerat . . .	37,1	30,5	31,60	32	26,98

1) Haberlandt fand für Moorerde je nach dem Grad ihrer Feinheit und Lockerheit eine Wassercapacität von 132,7 Proc. bis 221,6 Proc.

	Berechnet	Durch Aufgiessen 1.	Durch Aufgiessen 2.	Durch Aufsaugen 1.	Durch Aufsaugen 2.
Granitboden	56,5	43,5	45,8	43	39,69
Lössmergel	37,6	36	33,6	36	30,97
Lösslehm	38	38	36,5	36	33,2
Muschelkalk	42	35	36,5	35	32,2
Basaltboden	56,1	43	44,57	43	39,02
Humoser Lösslehm	43,9	38	40,5	38	37,11
Röthboden	38,5	36	37,55	36	32,04
Melmmergel	40,8	30	32	32	29,41
Auelehm (Untergrund)	48,4	37	36,85	33	31,91
Melmlehm	40,9	36,5	36,9	35	31,09
Auelehm (Krume)	44,8	34,5	40,12	39	26,17
Tertiär-Thon	48	50	—	49	—
Sandmoorboden	65,9	61	58,26	58	59,69

Die volle oder grösste Wassercapacität hat für die Praxis weniger Bedeutung, da die Ackererden selten voll mit Wasser getränkt sind. Freilich steht mit ihr das Erweichen eines Bodens im Zusammenhange. Ist nämlich die wasserfassende Kraft eine sehr bedeutende, so wird der Boden durch das Wasser, welches er eingesogen hat, gleichsam auseinandergetrieben, indem die Bodentheilchen nachgeben. Hierdurch erweicht der Boden je nach seiner Beschaffenheit in kürzerer oder längerer Zeit. Dem Thon- und Letten-, weniger dem Lehmboden, ist dieses Erweichen eigenthümlich. Es kann dieses Erweichen oder Zergehen eines Bodens dadurch nützlich werden, dass die Verdunstung des überschüssigen Wassers befördert wird und die Luft mehr Zutritt zum Boden erhält; nachtheilig hingegen dadurch, dass die Wurzeln der Pflanzen blossgelegt werden können, was oft das „Auswintern der Saat“ zur Folge hat.

Mayer hat die absolute Wassercapacität mehrerer Körper bestimmt und sie mit deren vollen Capacität verglichen. Es ergab sich für eine Korngrösse von 0,3—0,9 Mm.

Wassercapacität.	Quarz.	Thonstein.	Holz.	Kalkspath.
voll	49,0 Proc.	46,8 Proc.	76,4 Proc.	39,2 Proc.
absolut	13,7 „	24,5 „	45,6 „	11,7 „

Die absolute Capacität ist also sehr beträchtlich kleiner, als die volle; ferner fand Mayer, dass die erstere bei verschieden feinen und verschieden porösen Bodentheilchen ausserordentlich verschieden ist. Einzig die weitere Zertrümmerung des Quarzes vermag ihm die sechsfache absolute Wassercapacität (Korngrösse 0,9 bis 27 Mm. 7,0 Proc. — Korngrösse unter 0,3 Mm. 44,6 Proc.) zu verschaffen.

Jedenfalls entsprechen die Zahlen für die absoluten Wassercapacitäten den praktischen Erfahrungen der Landwirthe über die Beschaffenheit der einzelnen Bodenarten besser als die für die volle Wassercapacität.

Eine grosse Wassercapacität des Bodens kann günstig und nachtheilig sein. Für wärmere Gegenden mit einer geringeren mittleren Regenmenge sind Bodenarten mit einer grösseren wasserfassenden Kraft günstiger, während dagegen Bodenarten mit geringerer wasserfassenden Kraft für Gegenden mit grösseren Regenmengen vortheilhafter sind. Im Allgemeinen eignen sich Bodenarten mit geringer wasserfassender Kraft am besten für Nadelholzwälder und Reben. Die bedeutendste wasserfassende Kraft des Bodens vertragen Wiesen.

b. Die capillare Wasserleitung („wasseraufsaugende Kraft").

Die Fähigkeit des Bodens in den capillaren Hohlräumen Wasser aus den tieferen Schichten in die höheren zu führen ist bisher vielfach überschätzt worden. Sie wird überhaupt nur da zur Geltung kommen können, wo durch irgend eine äussere Ursache eine Verschiedenheit in dem Wassergehalt der einzelnen Bodenschichten eintritt, und zwar wird in den meisten Fällen der Anlass von oben, sei es durch Regen, sei es durch Austrocknen, kommen. Von unten wird ein Austrocknen wohl nie, ein Durchfeuchten im Ganzen seltener stattfinden. Liebenberg, welcher die Capillarität verschiedener Bodenarten studirte, gelangte zu folgenden Schlussfolgerungen: Capillarität findet nur in den kleinen Hohlräumen, nicht in den grösseren statt. Sie ist hervorgerufen durch Zusammenwirken des Aufsteigens des Wassers in gefüllten Hohlräumen und der Fortbewegung desselben durch Flächenattraction in Verbindung mit der an den Berührungspunkten wirkenden Capillarität und zwar nimmt je höher die Steighöhe der Antheil der ersten Art der Bewegung ab und der der zweiten zu. Je mehr Feinerde, besonders je mehr Thon und Humus im Boden vorhanden ist, um so höher steigt das Wasser, freilich wird die Aufsteigung durch letztgenannte Substanzen verlangsamt, durch Sand beschleunigt; überhaupt steigt im Allgemeinen das Wasser in einem Boden um so weniger hoch, je schneller es im Anfang aufgesogen wird. Die Vertheilung der Feuchtigkeit in der vom Wasser durchsetzten Schichte ist eine abnehmende von unten nach oben, und zwar ist die Abnahme um so rapider, je mehr Sand, um so allmäliger, je mehr Thon und Humus im Boden vorhanden ist. In einer schon theilweise mit aufgesogenem Wasser gefüllten Bodenschichte kann das Wasser noch höher steigen, wenn auch keines mehr von unten zugeführt wird. Hat das Wasser ver-

schiedene Bodenschichten zu durchsetzen, so ändert sich die Steighöhe und zwar entziehen feinerdigere Boden den gröberen viel leichter Wasser als umgekehrt; dabei hängt die Feuchtigkeit in den einzelnen Schichten ab von der Verschiedenheit der auf einander folgenden Boden und von der Entfernung der Uebergangsstelle vom Wasserniveau.

Was das Eindringen der Feuchtigkeit von oben nach unten betrifft, so ist die Tiefe desselben bedingt durch den Feinerdegehalt des Bodens und deren Zusammensetzung, demgemäss auch von der Wassercapacität. Je grösser die Wassercapacität, je mehr Thon und Humus vorhanden ist, desto weniger tief und desto langsamer dringt das Wasser ein, die Feuchtigkeit ist in diesem Falle, wenn die Verdunstung von den oberen Schichten gehindert ist, eine von oben nach unten abnehmende und um so schneller abnehmende, je mehr Sand und je weniger Thon und Humus im Boden vorhanden ist.

Haberlandt gelangte zu analogen Resultaten. Er erhielt folgende Zahlen:

Zeitpunkt der Ablesung.	Grobe Erde.		Mittelfeine Erde.		Feine Erde.	
	4 Cent. weites Glasrohr.	2 Cent. weites Glasrohr.	4 Cent. weites Glasrohr.	2 Cent. weites Glasrohr.	4 Cent. weites Glasrohr.	2 Cent. weites Glasrohr.
	Steighöhe des Wassers in Millimetern.					
Nach 0,25 Stunden	44	47	68	74	88	105
„ 0,5 „	56	53	77	82	118	135
„ 1,0 „	66	62	86	92	158	174
„ 3,0 „	76	71	97	103	205	223
„ 4,0 „	90	83	111	117	266	279
„ 8,0 „	125	114	144	148	403	409
„ 1 Tag	141	130	159	153	456	453
„ 2 Tagen	157	146	177	177	508	506
„ 3 „	162	150	181	181	522	524
„ 6 „	172	159	190	188	550	543
„ 12 „	188	172	207	209	593	580
„ 18 „	202	184	226	226	619	606
„ 24 „	217	193	240	240	639	628
„ 32 „	224	200	253	252	659	652
„ 53 „	245	225	285	283	720	720
„ 84 „	272	250	318	312	792	817
„ 143 „	310	280	365	355	895	950
„ 203 „	325	300	387	376	940	1000

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, wie wenig die capillare Wasserhebung im Boden für die Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Wasser in Betracht kommt, wenn deren Verbreitungsgebiet noch

um ein Beträchtliches über dem Spiegel des Grundwassers liegt. In manchen Fällen freilich kann die Capillarität wieder grossen Vortheil gewähren. Ueberall, wo lockere Erde auf nassem Untergrunde auflagert oder mit Grundwasser in Berührung ist, hilft das aus letzterem aufsteigende Wasser bei anhaltender Dürre theilweise der Trockenheit in den oberen Schichten ab; so z. B. scheint die nogaische Steppe im Gouvernement Taurien in Russland nur dem Umstand ihre Fruchtbarkeit zu verdanken, dass die etwa 45 Ctm. mächtige, aus trockenem Boden bestehende Ackerkrume ihre Feuchtigkeit aus dem thonigen und feuchten Untergrunde durch Aufsaugen des Wassers bezieht; denn der spärliche Regenfall jener Gegend würde nicht ausreichen, dem Boden die nöthige Wassermenge zu liefern. (Griesebach.)

c. Die Durchlässigkeit.

Eine der Capillarität des Bodens entgegengesetzte Eigenschaft ist die Durchlässigkeit des Bodens (das Wasser durchlassende Vermögen). Sie bezeichnet, wie schon der Name angiebt, die Fähigkeit des Bodens, Wasser mehr oder weniger leicht durchsickern zu lassen, und man unterscheidet in dieser Beziehung zwischen leicht durchlässigem (Sandboden), durchlässigem (Lehmboden, Mergelboden), schwer durchlässigem (Moorboden, Thonboden) und undurchlässigem Boden (Thon).

Die Durchlässigkeit ist eine um so geringere, je mehr Feinerde und je mehr Thon und Humus im Boden vorhanden ist, ausgenommen den Melm und Löss, bei dem der Quarzstaub die Rolle des Thones übernimmt. Die Ursache, wie es kommt, dass der Thon sich über seine Wassercapacität hinaus mit Wasser zu sättigen vermag, ist noch nicht erklärt, Mayer vermuthet, dass sogar chemische Kräfte mit im Spiele seien, worauf auch die praktisch wichtige Thatsache hindeute, dass ein Zusatz von wenig Kalk häufig die Undurchlässigkeit sehr auffallend vermindere. Uebrigens lässt sich durch Bodenmischung und Bearbeitung die Durchlässigkeit nicht unwesentlich modificiren. Den Bodenarten mit undurchlässigem Untergrund stehen bezüglich der Rückwirkung auf die Vegetation jene gleich, in deren Krume das Niveau des Grundwassers fällt.

d. Das Austrocknungs-Vermögen.

In naher Beziehung mit der wasserfassenden Kraft und der Capillarität steht das Vermögen der Erde, das aufgenommene Wasser längere oder kürzere Zeit vor der Ausdunstung zurückzuhalten.

Ueber die Versuche, welche hierüber mit den Hauptbestandtheilen des Bodens unternommen wurden, sei nur erwähnt, dass Quarzsand binnen einer bestimmten Zeit die grösste Quantität Wasser abgab; Thon, Humus und erdiger Kalk aber das Wasser länger zurückhielten. Ueberdies nimmt noch Einfluss der Wassergehalt der Luft, der Wind, die Temperatur und die Grösse der verdunstenden Oberfläche. Eine je grössere Oberfläche wir dem Boden demnach durch Lockerung geben, desto mehr Wasser wird verdunsten, und je geschlossener wir ihn machen, desto weniger. Da beim Verdunsten des Wassers immer Wärme dem Boden entzogen wird, so muss auch die Temperatur desselben um so niedriger sein, je mehr Wasser aus demselben verdunstet, und daraus ergiebt sich auch, dass einem warmen Boden, der eine grosse wasserfassende Kraft hat, durch die Verdunstung des aufgenommenen Wassers viel Wärme entzogen wird.

Trocknet ein Boden durch Verdunstung des Wassers aus, so muss nothwendig eine Volumenveränderung, eine Zusammenziehung erfolgen, und wenn auch durch den vermehrten Luftzutritt zum Boden eine nützliche Wirkung denkbar ist, so kann unter Umständen doch durch Risse im Boden eine Beschädigung der Pflanzenwurzeln vorkommen. Bei dem Thone nennt man bekanntlich diese Raumveränderung das „Schwinden“, welches jedoch durch Sand- oder Kalkzusatz verringert wird. Viel bedeutender als der Thon schwindet der Humus beim Austrocknen und dehnt sich beim Nasswerden wieder aus; ohne Zweifel tragen diese oftmaligen Ausdehnungen viel zur Auflockerung des Bodens bei. Zur Bestimmung des Verhaltens der Erde beim Austrocknen reicht es für die Praxis vollkommen aus, wenn man etwas durchgenässte Erde unter möglichst gleichen Verhältnissen, wie auf dem Felde, dem sie entnommen ist, austrocknen lässt und das Verhalten beim Austrocknen beobachtet.

Der Praktiker nennt den Boden „nass“, wenn das Regenwasser lange im Boden bleibt, ohne zu verdunsten. Wird ein solcher Boden mit der Hand zusammengedrückt, so tropft Wasser ab. Ist der Boden in Folge eines undurchlässigen Untergrundes oder sich ansammelnden Quellenwassers nass, so bezeichnet man ihn als „nassgallig“ und „quellig“. Nasser Boden findet sich meist nur bei Thonboden in Niederungen oder im Gebirge bei undurchlässigem Untergrunde. Enthält der Boden stehendes Wasser, so heisst er sumpfig oder wassersüchtig.

Dürre ist dem Praktiker ein Boden, der das Regenwasser gar nicht zurückhält und schnell austrocknet, wie es bei reinem Sandboden ohne Humus und mit durchlässigem Untergrund der Fall

ist. Zwischen nass und dürre unterscheidet er noch einen „feuchten“ und „trockenen“ Boden.

Auf die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Bodens übt die Pflanzendecke grossen Einfluss. Ein mit Pflanzen bestandener und beschatteter Boden zeigt mit Ausschluss einer oberen sehr dünnen Schichte einen geringeren Wassergehalt als ein gleicher, aber unbedeckter Boden. Es erklärt sich dieser Umstand aus der sehr starken Wasserverdunstung der Pflanzen.

e. Das Condensations-Vermögen („wasseranziehende Kraft“, Hygroskopicität).

Lange hat man der Hygroskopicität des Bodens hohe Bedeutung zugeschrieben, weil man glaubte, der Regenfall reiche nicht aus den Feuchtigkeitsbedarf der Pflanzen zu decken. Es lässt sich auch nicht leugnen, dass poröse Körper, wie die Ackerden, ziemlich viel Feuchtigkeit aus der Luft anziehen, welche sich gerade so wie die capillar aufgenommene verhält und daher auch von den Pflanzenwurzeln verwerthet werden kann. Man muss aber berücksichtigen, dass nur trockene Bodenarten ihre ganze hygroskopische Kraft zur Aufnahme der Feuchtigkeit anwenden und dass nach den Untersuchungen Mayer's die Pflanzen dann schon viel zu weit heruntergekommen sind, um von der condensirten Feuchtigkeit Nutzen ziehen zu können. „Es steht damit wie mit einer wohlthätigen Sammlung zur Zeit einer Hungersnoth, nachdem dieselbe schon ihre Opfer gefordert hat. Was helfen die in Wahrheit vorhandenen wohlthätigen Bestrebungen, wenn sie naturgesetzlich erst post festum sich regen?“

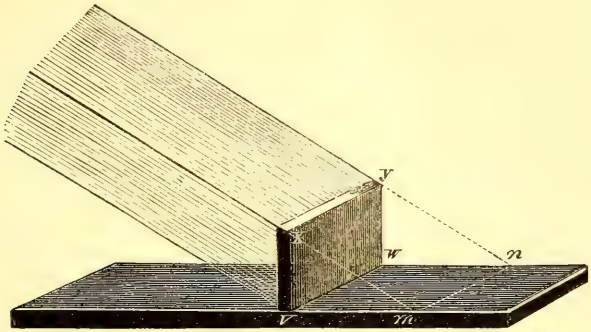
5. Das Verhalten des Bodens gegen Wärme.

a. Die Wärmequellen.

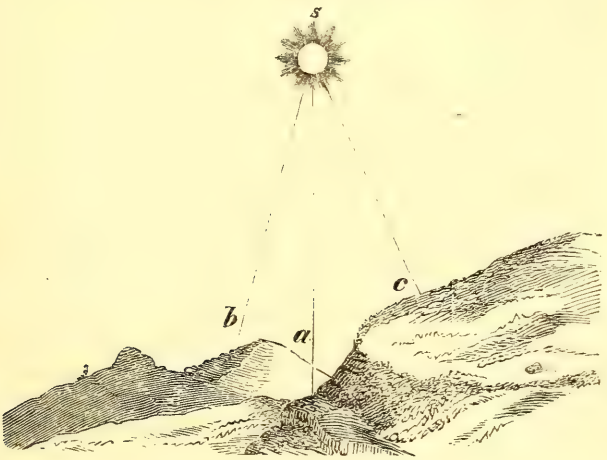
Die mächtigste Wirkung der Wärme auf den Boden geht von der Sonne aus. Wenn auch die innere Erdwärme und verschiedene chemische Processe in der Erde, z. B. der Verwesungsprocess, Wärme liefern, so bleibt doch immer die Sonne die allein zu berücksichtigende Quelle der Wärme.

Wichtig für die Erwärmung eines Bodens ist der Grad seiner Neigung gegen den Horizont; denn hierdurch sind die Verschiedenheiten des Winkels bedingt, unter dem die Sonnenstrahlen einfallen, also auch deren verschiedene Wärmeäusserung. Je senkrechter die Strahlen den Boden treffen, mit desto höherer Tempe-

ratur wirken sie auf den Boden ein, desto mehr muss auch der Boden erwärmt werden, denn fallen die Wärmestrahlen schräge auf, so vertheilt sich dieselbe Menge Wärme (Wärmestrahlen) auf eine grössere Fläche, wie dies beistehende Figur versinnlicht.



Auf die Fläche x y v w fallen die Sonnenstrahlen senkrecht ein, nehmen wir die Fläche v x y w weg, so fallen die Strahlen auf die Fläche schräge ein, da sich dieselbe Anzahl Wärmestrahlen in letzterem Falle auf einer grösseren Fläche vertheilt, so muss auch diese Fläche weniger erwärmt werden, als erstere; denn die von den Sonnenstrahlen senkrecht getroffene Fläche x y v w ist kleiner als die von denselben Sonnenstrahlen schräge getroffene Fläche w v m n.



Unsere Felder in der nördlichen gemässigten Zone können von den Sonnenstrahlen in der Regel nur in schiefer Linie und nur dann auch senkrecht getroffen werden, wenn die Bodenfläche einer gegen Ost, Süd oder West geneigten Abdachung angehört, aus Gründen, die sich beim folgenden Abschnitte (die Luft) ergeben werden. Steht bei uns die Sonne z. B. 60 ^{0} über dem Horizont, so können die Strahlen senkrecht nur auf eine Fläche c von 30 ^{0} Neigung auffallen, nicht aber auf eine mehr geneigte b oder a, wie dies die vorstehende Zeichnung zeigt. Wenn hierdurch und bei gegen Süd gelegener Abdachung die Bodenerwärmung am stärksten werden muss, so lässt dieselbe bei östlicher und westlicher Abdachung schon bedeutend nach, weil der Boden da nicht so lange von den am intensivsten wirkenden Strahlen getroffen werden kann, und ist auf einer nur gegen Nord geneigten Abdachung fast Null.

Die zweite Quelle der Wärme im Boden sind die in der Erde vorgehenden chemischen Processe. Diesbezüglich kommen nur die organischen Stoffe in Betracht. Sie liefern Wärme entweder durch Oxydation, also durch eigentliche Verbrennung, oder durch Umlagerung der organischen Substanzen ohne Sauerstoffzutritt von aussen, nach Analogie der Gährungserscheinungen. Die Bedeutung dieser Wärmequelle ist aber eine untergeordnete, denn einmal treten diese Processe nicht ein, wenn von Haus aus schon eine höhere Temperatur im Boden vorhanden ist, sie reguliren also nicht die Temperaturverhältnisse, sondern verschärfen nur die Extreme, dann aber vertheilt sich die frei werdende Wärme bei der langsamen Zersetzung der organischen Stoffe auf eine so grosse Masse und auf eine so lange Zeit, dass von einer erheblichen Temperaturerhöhung nicht die Rede sein kann. (Ausnahmen sind Mistbeete, Composthaufen und derartige grössere Anhäufungen sich zersetzender organischer Stoffe.)

Die innere Erdwärme kommt als Quelle für die Bodentemperatur wenig in Betracht. (Ausnahmen sind brennende Kohlenflötze, über welchen zuweilen sehr intensive Culturen betrieben werden können.)

b. Die Erwärmungsfähigkeit.

Die Erwärmungsfähigkeit des Bodens ist abhängig von der Farbe des Bodens, dessen specifischer Wärme, dem Verbrauch von Wärme durch Leistung von Arbeiten in der Ackerkrume und der Wärmeleitung.

Die Farbe des Bodens ist für dessen Wärme-Absorptionsvermögen von hoher Bedeutung.

Dunkle Körper erwärmen sich leichter als helle; durch Humus oder Basaltsand dunkelfarbig gewordene Boden werden sich demnach auch mehr erwärmen als hellere Kalkboden, der Unterschied kann hierbei viele Grade betragen. Nach einem Versuche erwärmte sich z. B. schwarzgefärbter Sand auf 50 °, der weisse Quarzsand hingegen nur auf 41 ° bei einer Lufttemperatur von + 22 ° im Schatten. Humboldt fand auf der canarischen Insel Graziosa unmittelbar nebeneinander einen weissen und schwarzen Sand, der erste zeigte eine Temperatur von 40 °, der letztere von 54,2 °. Hellfarbige Erden, dem Sonnenlichte noch so lange Zeit ausgesetzt, bleiben bei sonst gleichen Umständen stets kühler als dunkle Erden. Es erklären sich aus diesem Verhalten auch viele Erscheinungen des täglichen Lebens; so sehen wir den mit Russ oder mit Kohlenstaub bestreuten Schnee viel rascher schmelzen, Obstfrüchte an dunklen Felsenlehnen eher als andere reifen, daher man auch Mauern hinter Obstbäumen mit Recht schwarz anzustreichen pflegt.

Lampadius konnte im kühlsten Sommer in Freiberg (Sachsen) Melonen zur Reife bringen, wenn er auf die Oberfläche des Bodens eine zollhohe Schicht Kohlenpulver streute. In Belgien und am Rhein zeitigt die Traube am besten, wenn der Boden mit Stücken eines schwarzen Thonschiefers bedeckt ist. Girardin fand in einer Reihe von Versuchen über die Kartoffelcultur, dass die Zeit des Reifwerdens je nach der Farbe des Bodens 8 bis 14 Tage schwankte. So liessen sich noch zahlreiche Beispiele anführen, die den Einfluss der Farbe auf die Erwärmungsfähigkeit des Bodens beweisen.

Oemler fand folgende Zahlen:

Benennung der Erden.	Beobachteter Grad.	Procent. Verhalten unter einander.
Moorerde	24,4 ° R.	100,0
Humus	23,2 ° R.	95,3
Sandiger Humus	22,7 ° R.	93,2
Durch Eisenoxyd dunkelbraun gefärbter Boden	22,6 ° R.	92,9
Humoser Lehmboden	22,1 ° R.	90,6
Humoser Thonboden	21,4 ° R.	87,7
Reiner Lehm	21,0 ° R.	86,1
Reiner Thon	20,0 ° R.	82,0
Feiner Sand	20,7 ° R.	85,0
Grober Sand	20,5 ° R.	84,0
Blaueisenerde	20,7 ° R.	84,8
Wiesenkalk	19,0 ° R.	77,9

Je geringer die specifische Wärme ist, um so leichter erwärmen sich die Boden. Da die specifische Wärme der Bodenarten schwankt zwischen 0,20 bis 0,25 und die des Wassers = 1, also 4 bis 5 mal so gross ist, so wird die Wärmecapacität eines Bodens wesentlich von dessen Feuchtigkeitsverhältnissen bedingt sein, ja letztere werden sogar noch maassgebender sein als die Farbe. Ein nasser dunkler Boden erwärmt sich in der Sonne nicht so rasch als ein trockener heller, obschon er grössere Wärmemengen absorbirt.

Bestimmungen über die specifische Wärme der Bodenarten wurden von Pfaundler, Platter, Oemler, Liebenberg u. A. gemacht.

Platter fand unter Anderem, dass für die Gegend von Innsbruck alle Boden mit einer geringeren Wärmecapacität als 0,22 unfruchtbar sind.

Knop führt folgende Zahlen für die specifischen Wärmen der an der Erdoberfläche verbreitetsten Mineralkörper an:

Die spec. Wärme von:		Für gleiches Gewicht.	Für gleiches Volumen.
Wasser		1,0000	1,0000
Schwefelsaurem Kalk . . .		0,2046	0,5555
Carbonat	der Kalkerde .	0.2176	0,6356
	der Talkerde .	0,2728	0,6302
Kieselsäure in sauren Silicaten	Kieselsäure . .	0,1894	0,5025
	Kalifeldspath .	0,1861	0,4760
	Natronfeldspath .	0,1967	0,5124
In basischen Silicaten	Labrador . . .	0,1926	0,5296
	Diopsid . . .	0,1906	0,6252
	Basalt, Augit .	0,1938	0,6589
	Tremolit . . .	0,2070	0,6405
	Strahlstein . .	0,2046	0,6547

Liebenberg erhielt für die spec. Wärme der von ihm untersuchten Bodenarten folgende Zahlen:

Boden bei 100° getrocknet	Für Gewicht.	Für Volumen.
Grober Tertiärsand .	0,268	0,464
Feiner Tertiärsand .	0,275	0,454
Grober Diluvialsand .	0,191	0,344
Feiner Diluvialsand .	0,160	0,266
Kalksand	0,188	0,218
Diluviallehm . . .	0,220	0,315
Diluvialmergel . . .	0,249	0,349
Lösslehm	0,259	0,321
Lössmergel	0,284	0,389
Humoser Lösslehm .	0,310	0,359

Boden bei 100° getrocknet.	Für Gewicht.	Für Volumen.
Auelehm	0,299	0,383
Porphyr-Verwitterung	0,209	0,291
Granitboden . . .	0,380	0,437
Basaltboden . . .	0,301	0,346
Muschelkalkboden. .	0,339	0,434
Sandmoorboden . .	0,261	0,303
Haideerde	0,310	0,136
Eisenmoorboden . .	0,122	0,081
Tertiärthon	0,161	0,192

Der Wärmeverbrauch zur Arbeitsleistung im Boden bezieht sich vornehmlich auf die durch Verdunstung des Wassers latent werdende Wärme.

Der Einfluss, den die Feuchtigkeit eines Bodens auf dessen Erwärmungsfähigkeit übt, regulirt auch zugleich letztere; je mehr verdunstbares Wasser im Boden enthalten ist, desto schwerer wird er sich erwärmen. Wie nach dem Baden das Wasser am menschlichen Körper, wenn man ihn nicht gleich abtrocknet, schnell verdunstet und dadurch dem Körper Wärme entzieht, so dass man selbst im Sommer vor Kälte zu zittern beginnt; eben so kühlt auch das Wasser, wenn es verdunstet, den Boden ab, indem es, um aus der flüssigen in die Dampfform übergehen zu können, Wärme nöthig hat, die es dem Boden entzieht und dadurch dessen Temperatur erniedrigt; diese Verdunstung entzieht ihm um so mehr Wärme, je niedriger die Temperatur des vorhandenen Wassers ist, dem zu Folge in kälteren Jahreszeiten und Klimaten auch mehr Wärme gebunden werden muss. Es kann also die Temperatur eines Bodens, der viel Wasser enthält, um mehrere Grade niedriger werden als jene der ihn umgebenden Luft; solcher Boden erwärmt sich daher schlecht und man nennt ihn kalten Boden.[1])

Wie bedeutend der Einfluss des Wassergehaltes auf die Temperatur des Bodens ist, erhellt aus den von Parkes beobachteten Temperaturen von drainirtem und nicht drainirtem Boden. In dem nicht drainirten Theile eines Torfmoores zeigte das Thermometer bei 12—30 Zoll Tiefe das ganze Jahr hindurch + 6,25°, in dem drainirten Theile hingegen bei 30 Zoll Tiefe zwischen + 6,24° und + 7°, bei 25 Zoll zwischen + 6,7° und 8°, bei 19 Zoll zwischen

1) Nach den Beobachtungen von Dickensons, die durch 8 Jahre fortgesetzt wurden, verdampften von dem zwischen 1. April und 14. October gefallenen Wasser von der Oberfläche des Bodens 90 Proc. und nur 10 Proc. fanden ihren Weg in die 3—4 Fuss tief gelegten Drains. Die gesammte Wassermenge, die während dieser Zeit fiel, betrug ungefähr 2900000 Pfund pr. Acre (0,405 Hectare); von diesen verdunsteten mehr als 2600000 Pfd. Um diese Wassermasse zu verdampfen, würden 1500 Ctr. Kohlen verbraucht werden müssen.

+ 7,3 ° und + 9 °, bei 13 Zoll zwischen + 8 ° und + 11,5 ° und bei 7 Zoll sogar + 9 ° bis + 15 °.

Das Wasser wirkt also auf die Bodentemperatur einmal dadurch ungünstig, dass es eine grössere specifische Wärme besitzt und dann dadurch, dass durch seine Verdunstung grosse Mengen Wärme gebunden und entführt werden.

Die Wärme kann im Boden und in der Atmosphäre weiter geleitet werden.

Die von der Sonne dem Boden mitgetheilte Wärme pflanzt sich im Innern des Bodens bis zu einer Tiefe fort, wo die Temperatur in allen Jahreszeiten eine unverändert gleiche bleibt. Diese Tiefe liegt in unseren Breitegraden zwischen 60 und 70 Fuss, wo die Temperatur gleich ist der mittleren Jahreswärme des Ortes. (Siehe diese bei der Lufttemperatur.) Von hier an gegen den Mittelpunkt der Erde zu findet aber wieder Wärmezunahme statt. In dem Bohrloche zu Neusalzwerk in Westphalen fand man in einer Tiefe von 2050 Fuss eine Temperatur von 32 ° C., wogegen in dem artesischen Brunnen zu Grenelle, bei 1650 Fuss Tiefe, nur 27,7 ° C. Im Durchschnitt entspricht einem Tiefergehen von 90 — 100 Fuss 1 ° C. Man nimmt an, dass diese Temperaturverhältnisse von dem feuerflüssigen Kern der Erde bedingt sind.

Ob eine hohe Wärmeleitungsfähigkeit oder eine niedere für den Pflanzenbau im Allgemeinen nützlich ist, lässt sich bei der Complicirtheit der obwaltenden Verhältnisse nicht entscheiden. Littrow und Haberlandt kamen bei ihren Untersuchungen der Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Bodenarten etwa zu folgenden Resultaten:

Die petrographische und chemische Zusammensetzung scheint nur insofern von Belang zu sein, als der Gehalt an Kalk und Magnesia sich in einer geringeren Wärmeleitungsfähigkeit manifestirt. Hoher Gehalt an Eisenverbindungen hat absolut keinen erkennbaren Einfluss auf dieselbe gezeigt. Ein Gehalt an organischer Substanz verringert sie jedoch entschieden. Wasser leitet die Wärme mehr als selbst der bestleitende der untersuchten Böden (im trockenen Zustande) und erhöht die Fähigkeit, Wärme zu leiten, schon bei geringen Feuchtigkeitsgraden.

Die meisten Boden leiten die Wärme im feuchten Zustande besser als das Wasser, folglich sind die den Boden bildenden Materialien, mit Ausnahme von sehr leichtem Humus, bessere Leiter als Wasser.

Trockene Boden werden sich auf grössere Tiefen langsamer erwärmen als feuchte und in gelockertem Zustande hinwiederum langsamer, als wenn sie dichter gelagert sind. Beimischung von Humus wird die Fähigkeit der Wärmeleitung im geraden Verhältniss zu seiner Menge herabstimmen, Mangel an Humus wird sie erhöhen.

Es ist daher unrichtig, Humusboden als warme Boden zu bezeichnen, der Einfluss ihrer dunkleren Farbe macht sich nur an ihrer obersten Schichte geltend. Je grösser ferner die einzelnen Mineralpartikelchen eines Bodens sind und je dichter diese aneinander schliessen, desto mehr nähert er sich hinsichtlich seiner Wärmeleitungsfähigkeit den Gesteinen, welche in dieser Beziehung sämmtliche Bodenarten weit übertreffen. Je kleiner die Bodenpartikelchen sind, um so mehr Luft schliessen sie zwischen sich ein und in demselben Grade nimmt auch das Vermögen, die Wärme zu leiten, ab.

Oemler fand (1873) in einem humos-lehmigen Gartenboden folgende Temperaturschwankungen:

	Temperatur des Bodens in einer Tiefe von:				
	2,6 Cm.	14,42 Cm.	28,84 Cm.	43,26 Cm.	57,68 Cm.
1. Januar	3,7 ° C.	4,2 ° C.	4,0 ° C.	3,5 ° C.	3,1 ° C.
1. Februar	**0,4**	**1,2**	**1,3**	**1,4**	**1,4**
1. März	4,0	3,2	3,1	2,7	2,4
1. April	11,5	7,6	6,3	5,6	4,8
1. Mai	8,7	6,2	5,7	5,2	4,9
1. Juni	11,8	10,0	9,0	8,5	7,5
1. Juli	15,0	12,9	12,0	11,3	10,9
1. August	**16,0**	**15,1**	**14,7**	**14,1**	**13,5**
1. September	13,5	12,0	11,2	11,2	11,0
1. October	10,0	9,5	9,7	9,7	9,3
1. November	8,0	7,3	6,2	6,1	6,1
1. December	6,5	6,3	5,5	5,3	5,1
Maximum	16,0	15,1	14,7	14,1	13,5
Minimum	0,4	1,2	1,3	1,4	1,4
Schwankung	15,6 ° C.	13,9 ° C.	13,4 ° C.	12,7 ° C.	12,1 ° C.

Die Temperaturschwankungen nehmen, wie oben erwähnt, mit der Tiefe des Bodens ab. In Brüssel betrugen sie bei einer Tiefe von 7,79 Metern nur noch 1,42° C.[1])

Die Abgabe der Bodenwärme an die Atmosphäre, das Wärmeausstrahlungs-Vermögen und die durch dasselbe bedingte

1) Nach Beobachtungen der beiden Becquerel ergaben sich in Paris im Jahre 1875 folgende Boden-Temperaturen:

Tiefe.	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
1 Meter	6,95°	7,49°	13,92°	14,43°
6 „	12,59	10,96	11,34	12,63
11 „	11,96	11,78	11,92	12,05
16 „	12,01	11,97	12,19	12,23
21 „	12,17	12,10	12,13	12,15
26 „	12,26	12,40	12,61	12,49
31 „	12,33	12,36	12,34	12,37
36 „	12,47	12,47	12,47	12,47

Abkühlung steht in genauer Relation zu dem Wärme-Absorptionsvermögen des Bodens. Zwei Körper von gleichem Absorptionsvermögen besitzen auch ein gleiches Ausstrahlungsvermögen, vorausgesetzt, dass die Strahlen von gleicher Temperatur sind. Man sollte demgemäss annehmen, dass die durch die Sonne am raschesten sich erwärmenden Bodenarten sich auch am raschesten abkühlen.

In der That verhält sich die Sache aber etwas anders, denn die Strahlen der Sonne sind verschiedener Art, es gibt leuchtende und Wärmestrahlen. Manche Stoffe, z. B. Kienruss, absorbiren Strahlen aller möglichen Temperaturen und emittiren dieselben auch vollkommen, andere wieder, z. B. Bleiweiss, verhalten sich passiv gegen die leuchtenden Strahlen, absorbiren aber mit grosser Begierde Strahlen von 100°. Schnee scheint sich in dieser Hinsicht ähnlich dem Bleiweiss zu verhalten. Eine Erde von analogen Eigenschaften würde am Tage die Sonnenstrahlen nur sehr wenig absorbiren, Nachts aber eine möglichst hohe Wärmeausstrahlung zeigen, weil es sich da nur um dunkle Wärmestrahlen handelt.

Die meisten Versuche, welche bisher über das Ausstrahlungsvermögen verschiedener Bodenarten angestellt wurden, bezogen sich fast lediglich auf die Erkaltungsgeschwindigkeit von in Eisen- oder andern Gefässen gefüllten und erwärmten Erden. Dabei spielen aber neben dem Ausstrahlungsvermögen, die specifische Wärme, das Leitungsvermögen und das specifische Gewicht der Erden eine Rolle. Der Vorgang wird dadurch sehr complicirt und gestattet keinen Schluss auf das eigentliche Strahlungsvermögen. Haberlandt fand für die Abkühlung verschiedener Bodenarten folgende Zahlenverhältnisse:

Bezeichnung der Bodenproben und des Thermometerabstandes von der Wärmequelle.	Die grösste Abkühlung erfolgte in Stunden			
	trocken		feucht	
	locker.	fest gestampft.	locker.	fest gestampft.
Sand 15 Ctm.	6	20	23	24
„ 30 „	6	22	23	24
„ 45 „	5	21	23	24
Ackererde 15 „	7	21	22	24
„ 30 „	7	21	24	24
„ 45 „	7	22	23	24
Compos erde 15 „	5	21	21	24
„ 30 „	4	21	21	24
„ 45 „	4	20	21	24
Moorerde 15 „	8	21	20	24
„ 30 „	5	22	20	24
„ 45 „	7	22	20	24

Im Allgemeinen gilt, je grösser die Wärmecapacität und das Leitungsvermögen bei den Böden ist, um so grösser ist ihr Wärmeverlust. Nach Liebenberg's zahlreichen Versuchen zeigten die Tertiärsande den grössten, die Haideerde, Eisenmoorboden und der Thon den geringsten Verlust. Bei den nicht extremen Bodenarten ist der Gehalt an organischer Substanz für die Abkühlung massgebend, die Farbe hat auf dieselbe keinen Einfluss.

Exacte Versuche über die Wärmeausstrahlung der Bodenarten hat bisher lediglich Liebenberg[1]) mit dem bekannten Melloni'schen Apparat vorgenommen und dabei das überraschende Resultat erhalten, dass alle lufttrockenen Bodenarten eine gleiche Ausstrahlung besitzen und eine Verschiedenheit sich nur höchstens bei Boden, die bei 100° getrocknet wurden, geltend macht. Liebenberg erklärt diesen auffallenden Umstand damit, dass er meint, alle lufttrockenen Erden seien von einer hygroskopischen Wasserschicht umkleidet und daher strahle nicht der Boden die Wärme aus, sondern die Wasserhüllen, die ihn überziehen.

Die Ausstrahlung, resp. die Abkühlung des Bodens wird aber wesentlich modificirt durch seine Decke und durch die Beschaffenheit der Atmosphäre. In erster Beziehung kommen die Schneedecke und die Vegetationsdecke, in letzterer die natürliche oder künstliche Wolkenbildung in Betracht.

Der Schnee ist ein sehr schlechter Wärmeleiter und verhindert deshalb die Abkühlung, gleichwie ein dicker Rock die Ausstrahlung des Körpers verhindert. Wintersaaten erfrieren deshalb unter einer Schneedecke nicht.

Ein mit Pflanzen bestandener Boden ist im Sommer kühler als ein gleicher brachliegender oder nicht bewachsener. Dies erklärt sich durch die Beschattung, d. h. durch Abhaltung der directen Sonnenbestrahlung, dann durch den grossen Wärmeconsum, welcher durch die Transpiration der Pflanzen und die damit zusammenhängende Wasserverdunstung bedingt wird. Im Winter dagegen ist ein mit Pflanzen bestandener Boden wärmer, als ein brachliegender unbedeckter Boden. Becquerel fand (1874—1875), dass bei Lufttemperaturen zwischen 0 und —12° die Temperatur unter dem bewachsenen Boden (Rasen) bis zu einer Tiefe von 0,5 Meter niemals bis auf 0° sank, während unter dem kahlen Boden bei gleicher Tiefe sie bis auf — 5° sank.[2]) Es ergiebt sich hieraus die praktische

1) Liebenberg, Unters. üb. d. Bodenwärme. Habilitationsschr. Halle 1875.

2) Die Differenz zwischen dem kältesten Monat, Februar, und dem wärmsten, August, betrug

in	0,05 M.	0,10 M.	0,20 M.	0,30 M.	0,60 M.
Im bewachsenen Boden	18,93°	18,60°	18,10°	17,73°	16,38°
Im nackten Boden . .	19,81	19,41	18,73	18,17	16,66

Regel, dass man, falls Knollen oder andere Producte, welche den Frost zu fürchten haben, über Winter in der Erde aufbewahrt werden sollen oder man Pflanzen bekommen will, deren Wurzeln durch den Frost geschädigt werden können, man den Boden mit Rasen ansäen muss.

Ueber die Wärmeverhältnisse des Waldbodens gegenüber dem unbewaldeten Boden hat Ebermayer[1]) comparative Beobachtungen angestellt. Der Temperaturunterschied zwischen beiden ist an ihren Oberflächen am grössten und zwar im Frühjahr durchschnittlich 2,55° C.; im Sommer 4,02° C.; im Herbst 1,55° C. Im Winter zeigen beide Boden bis 1,3 Meter Tiefe gleiche Temperaturen. Die Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und tiefer liegenden Schichten ist beim Waldboden geringer als bei unbewaldetem Boden, ebenso die täglichen Temperaturschwankungen, die im Waldboden schon bei 0,6 Meter ganz aufhören.

Die Beschaffenheit der Atmosphäre ist insofern für die Wärmeverhältnisse des Bodens von grosser Bedeutung, als während der Nacht bei klarem Himmel der Boden seine Wärme ungehindert ausstrahlen kann, während, wenn der Himmel mit Wolken bedeckt ist, diese wie ein Ofenschirm wirken, die Wärmestrahlen dem Boden zurückwerfen, und so seine Abkühlung verhindern. Auf künstliche Weise rufen die Gärtner, Weinzüchter und Landwirthe denselben Erfolg durch Bedecken der Pflanzen mit Stroh, Brettern u. dgl. oder durch Einhüllen ihrer Culturen mit mächtigen Rauchwolken hervor.

6. Der Boden und die Elektricität.

Dass der Boden reich an Elektricität ist, darüber kann kein Zweifel sein, wenn man die zahlreichen chemischen und physikalischen Bewegungserscheinungen ermisst, die in ihm vorgehen. Regulirt werden die elektrischen Vorgänge im Boden durch das Wasser, besonders das Grundwasser. Aber auch die Atmosphäre ist ein wichtiger Factor für die Bodenelektricität. Die Reibung der Luft an der Bodenoberfläche als Wind und die meteorischen Wasser führen dem Boden beträchtliche Quantitäten Elektricität zu. Dass dieselbe für Boden wie Pflanzen keineswegs unwesentlich ist, ergiebt sich aus der von Jedermann zu beobachtenden günstigen Rückwirkung eines Gewitterregens auf die Vegetation, sowie aus den directen Versuchen Fichtner's, welcher fand, dass durch den Boden gehende elektrische Strömungen die Löslichmachung pflanzlicher

1) Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg 1873.

Nährstoffe fördern. Nach den Fichtner'schen Versuchen soll besonders der Humus bemerkbare elektrische Strömungen zwischen den einzelnen Bodenbestandtheilen hervorrufen.

B. Die chemischen Eigenschaften des Bodens.

1. Die chemischen Bestandtheile des Bodens.

Im Boden müssen vorzüglich die Bestandtheile der Gesteine sich finden, aus denen er entstanden, nebstdem jene Stoffe, welche durch Düngung oder auf eine andere Art in denselben gekommen sind; zu den letzteren zählen auch jene, welche ihm aus der Luft zugeführt werden.

Bei Aufzählung der zur Bildung des Bodens beitragenden Gesteine wurde auch der chemischen Stoffe erwähnt, welche sich in ihnen finden, und zwar sind es besonders: Kali, Natron, Talkerde, Kalkerde, Thonerde, Eisen- und Manganoxyde, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Kohlensäure und Chlor, die in verschiedenartigen Mengen im Boden vorkommen, und denen wir noch Ammoniak, Salpetersäure, Wasser und die Verwesungsproducte, nämlich die verschiedenen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Zersetzungsproducte der organischen Reste, die wir unter den Humusstoffen kennen gelernt haben, hinzufügen müssen. Man nennt alle diese Stoffe die chemischen Bestandtheile des Bodens.

Es ist vor Allem nöthig, auf das specielle Vorkommen dieser Stoffe, welche theils einzeln, theils in Verbindung untereinander das bilden, was wir als Boden bezeichneten, näher einzugehen, nachdem wir auf den Ursprung derselben bei der Bodenbildung hingewiesen.

Kali und Natron kommen im Boden nie im freien Zustande vor, sondern beide sind immer an Säuren gebunden und zwar meist an Kieselsäure, unter Umständen auch an die anderen genannten Säuren. Natrium ist ausserdem sehr häufig an Chlor gebunden als sogenanntes Kochsalz im Boden vorhanden. Alle Verbindungen der Alkalien, mit Ausnahme einiger mit Kieselsäure, sind in Wasser leicht löslich; der Gehalt des Bodens an Alkalien ist meist nur ein sehr geringer und erreicht selten 3—4 Procent, wovon aber der grösste Theil als unlösliche Verbindung mit Kieselsäure zugegen ist.

Ammoniak findet sich im Boden in äusserst geringer Menge. Nach neueren Bestimmungen (Knop) schwankt der Gehalt zwischen 0,00014—0,001 Proc. Das Ammoniak ist entweder an Kohlensäure und Salpetersäure oder auch an Verwesungssäuren gebunden. Alle Ammoniaksalze sind in Wasser leicht löslich.

Als Quelle der Ammoniakbildung sind theils die im Boden sich

zersetzenden organischen stickstoffhaltigen Reste anzusehen; theils absorbirt der Boden vermöge seiner Porosität Ammoniakgas aus der Luft, von dem aber ein Theil sich beim Austrocknen des Bodens wieder verflüchtigt.

Die Kalkerde oder Kalk findet sich in sehr veränderlichen Mengen im Boden, die von kaum nachweisbaren Spuren bis zu 20 bis 30 Proc. (Kalkboden) wechseln. Sie kommt im Boden nur ausnahmsweise im freien Zustande vor, nämlich unmittelbar nach einer Düngung mit gebranntem Kalk. Gewöhnlich aber findet sie sich im Boden an Kohlensäure gebunden, als kohlensaurer, mitunter auch als schwefelsaurer und phosphorsaurer Kalk. In reinem Wasser ist nur die Verbindung des Kalkes mit Quellsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure löslich. Schwefelsaurer Kalk ist jedoch im Wasser sehr schwer löslich (1 Theil in 333 Theilen Wasser) — kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk hingegen sind in reinem Wasser gar nicht, sondern nur dann löslich, wenn das Wasser freie Kohlensäure enthält. Durch Brennen verliert der kohlensaure Kalk die Kohlensäure und wird zu gebranntem Kalk; kommt dieser mit Wasser in Berührung, so nimmt er unter Erwärmung dieses auf — er löscht sich und man bezeichnet ihn dann als gelöschten Kalk, der im breiigen Zustande zur Mörtelbereitung Verwendung findet. Neben obigen Kalksalzen findet sich in vielen Bodenarten auch Kalkerde an Kieselsäure gebunden, aber in ganz unlöslicher Form. Der Kalk ist ein sehr wichtiger Bodenbestandtheil, indem er nicht nur als Pflanzennährstoff dient, sondern auch auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens erfolgreich einwirkt.

Talkerde (Magnesia, Bittererde) ist die getreue Begleiterin des Kalkes, obwohl sie in viel geringerer Menge als jener im Boden vorkommt; kohlensaure Talkerde ist ebenfalls in kohlensäurehaltigem Wasser löslich, wenn auch schwerer als kohlensaure Kalkerde, in reinem Wasser ist sie jedoch unlöslich.

Thonerde kommt meistens mit Kieselsäure vereinigt in Form von Thon als einer der häufigsten Bodenbestandtheile vor; man schätzt ihre Verbreitung auf $^1/_6$ der gesammten Erdrinde. Im Boden hat der Thon den hauptsächlichsten Einfluss auf dessen physikalische Eigenschaften. Nebstdem findet sich auch Thonerde in Verbindung mit Wasser als in Wasser unlösliches Thonerdehydrat, zuweilen wohl auch als in Wasser lösliche schwefelsaure Thonerde. Die Mengen Thonerde, welche sich im Boden durch Wasser auflösen, sind in den meisten Fällen kaum zu bestimmen. Die Gesammtmenge der Thonerde in Thonboden beträgt bis 20 Proc.

Eisen ist ein nicht minder wichtiger Bodenbestandtheil, aber sowohl das Mengenverhältniss als auch die Form, in welcher es im

Boden vorkommt, sind äussert verschieden. Gewöhnlich findet sich ein Eisenoxydgehalt von 1/2—5 Proc., Kalk- oder Mergelboden besitzt aber in der Regel den geringsten Eisengehalt. Deshalb braucht man sich aber der Sorge nicht hinzugeben, dass ein Boden aus Mangel an Eisen unfruchtbar werden könnte. Bei einem Gehalt von mehr als 5 Proc. Eisenoxyd nennt man den Boden eisenschüssig oder ockerig. Der Eisenoxydgehalt kann in solchem Boden bis zu 30 Proc. steigen.

Bezüglich der Form, in welcher Eisen im Boden vorkommt, ist wohl zu unterscheiden, ob es als Oxyd oder Oxydul vorhandem ist. Eisenoxydhydrat, Eisenoxyd und dessen Verbindungen mit Säuren werden wir da antreffen, wo die Luft ungehindert Zutritt hat; in Erdlagen aber, wo dies nicht der Fall ist, kann das Eisen nur in Verbindung mit weniger Sauerstoff als das Oxyd hat, vorkommen, nämlich als Eisenoxydul, welches sich aber nie in freiem Zustande, sondern immer an Säuren gebunden findet. Der Grund dieses Uebergehens einer höheren Sauerstoffverbindung des Eisens in eine niedere ist darin zu suchen, dass die im Boden befindlichen organischen Stoffe bei ihrer Zersetzung fortwährend Sauerstoff verbrauchen und diesen auch dem Eisenoxyde entziehen — es „reduciren“ und dadurch in Eisenoxydul umwandeln, in welcher Form das Eisen nun so lange im Boden bleibt, bis es mit der Luft wieder in Berührung kommt, wo es dann wieder Sauerstoff aufnimmt — sich „oxydirt“ und unter Wasseraufnahme zu Eisenoxydhydrat wird, welches im wesentlichen den allbekannten Eisenrost bildet. Dieser Vorgang lässt sich wie folgt versinnlichen:

Im Boden findet statt:

Reduction, wenn bei Luftabschluss und Gegenwart von organischen Stoffen, dem **Eisenoxyd** ein Theil **Sauerstoff entzogen** wird durch sich zersetzende organische Stoffe und es entsteht dann **Eisenoxydul**.

Oxydation bei Luftzutritt; es wird vom **Eisenoxydul** **Sauerstoff und Wasser aufgenommen** und es wird zu **Eisenoxydhydrat**.

Sehr häufig hat wohl der Landwirth Gelegenheit, diese Umwandlung von Eisenoxydul, das als doppelt kohlensaures Eisenoxydul im Wasser gelöst ist, an versumpften und an organischen Stoffen reichen Stellen seiner Wiesen oder Wälder zu beobachten, deren Wasserfläche regenbogenfarbig schillernd oder mitunter gelb gefärbt und getrübt erscheint, während sich am Boden eine ockergelbe Schlammschicht, im Wesentlichen aus Eisenoxydhydrat bestehend, ablagert. In der Ackerkrume, wo jedes Bodentheilchen mit der

Luft in Berührung ist, werden wir gewöhnlich nur Eisenoxyd, im Untergrunde aber, wohin der Luftzutritt schon ein sehr mangelhafter ist, meist Eisenoxydul finden. Desgleichen an Orten, wo der Luftzutritt durch stehendes Wasser abgehalten ist, in Sümpfen und ähnlichen Orten, wie dies z. B. beim Boden des Haarlemer Meeres der Fall ist. In der Ackerkrume kann sich allerdings auch ein Minimum Oxydul vorfinden, ja, unter Umständen ist die Bildung von grösseren Mengen möglich, z. B. bei nassem compacten Boden, in dessen Inneres der Luftzutritt gehindert ist. Da Eisenoxydulverbindungen für die Vegetation schädlich sind (deshalb ist auch wahrscheinlich der angeführte eisenoxydulhaltige Boden des Haarlemer Meeres unfruchtbar), so ist bei Vertiefungen der Ackerkrume, bei Aufführung von frischem Torfe, Letten, Schlamm, Mergel und überhaupt bei Vermengung der Ackerkrume mit Stoffen, die Eisenoxydulverbindungen enthalten können, immer grosse Vorsicht zu beobachten. Um Oxydulsalze in Oxyd umzuwandeln, sind die besten Mittel das Entwässern, gute Bearbeitung, Luftzutritt, Aufführen von Aetzkalk oder Brennen des betreffenden Bodens; es ist also auch ganz richtig, wenn frisch ausgeführter Teichschlamm längere Zeit unter öfterem Umstechen an der Luft bleibt, ehe er auf das Feld kommt.

Das Eisenoxydul findet sich im Boden an Schwefelsäure, Kohlensäure, Quellsäure oder Phosphorsäure gebunden als schwefelsaures, einfach kohlensaures, quellsaures oder phosphorsaures Eisenoxydul vor. In reinem Wasser ist nur das schwefelsaure Eisenoxydul löslich; im Wasser des Bodens, das immer etwas Kohlensäure aufgelöst enthält, löst sich auch das einfach kohlensaure Eisenoxydul. Wo Bodenwasser mit Eisenoxydul in Verbindung kommt, nimmt es demnach auch viel Eisen auf, es bekommt dadurch den eigenthümlichen Tintengeschmack.

Das Mangan, wie es im Boden vorkommt, ist dem Eisen in seinem Verhalten ziemlich ähnlich, spielt aber im Ganzen, was Menge und Wirkung anbelangt, eine untergeordnete Rolle. Kohlensaures Manganoxydul ist ebenfalls nur in Wasser, das Kohlensäure enthält, löslich.

Die Kieselsäure bildet in jedem Boden den Hauptbestandtheil und man nimmt an, dass die Erdrinde, soweit sie der Beobachtung zugänglich ist, zu $^2/_3$ aus Kieselsäure besteht. Sie kommt als Quarz in Form von grösseren Steinchen oder als Sand, ferner in Verbindung mit verschiedenen Stoffen als kieselsaure Salze im Boden vor und bildet, wie schon aus Früherem ersichtlich, den Hauptbestandtheil der meisten Gebirgsgesteine. Da der Quarz vollständig der Verwitterung widersteht, so kann man ihn bei seinem so verbreiteten Vorkommen in der Ackererde als das widerstands-

fähige, unveränderliche Skelet derselben ansehen. Quarz sowie die Silicate sind in Wasser ganz unlöslich, nur Verbindungen der Kieselsäure mit Kali oder Natron (Wasserglas) machen eine Ausnahme. Diese löslichen Silicate der Kieselsäure mit Alkalien bilden sich bei der Verwitterung der Alkali enthaltenden Kieselgesteine. Kieselsäure selber ist in Wasser nur im Momente ihres Ausscheidens aus Verbindungen überhaupt etwas löslich. Die Menge der im Boden-Wasser löslichen Kieselsäure ist eine nur sehr unbedeutende, sie beträgt meist nur einige Milliontel vom Gewichte des Bodens, während die Gesammtmenge der Kieselsäure z. B. in Sandboden bis über 90 Proc. reichen kann.

Phosphorsäure ist eine der wichtigsten und werthvollsten Säuren im Boden, findet sich meist aber nur in geringen Mengen in demselben. Ihre Gesammtmenge beträgt selten mehr als $^1/_{10}$ Proc., meist nur 0,05—0,1 Proc.[1]) Ueber die Verbindungen, in welchen die Phosphorsäure im Boden vorkommt, sei nur hervorgehoben, dass sie sich an Kalkerde, Talkerde, Eisenoxyd, Thonerde gebunden finden kann, alle diese Verbindungen sind in reinem Wasser unlöslich, löslich aber (mit Ausnahme der phosphorsauren Thonerde) in kohlensäurehaltigem Bodenwasser.

Schwefelsäure ist ebenfalls nur in unbedeutenden Mengen im Boden enthalten. Bei gewöhnlichem Boden beträgt diese Menge selten einige Zehntel Procent, nur bei Gypsboden erreicht sie mehrere Procent; die Schwefelsäure ist meist an Kalk gebunden.

Kohlensäure. Sie findet sich im Boden theils in Verbindung mit Basen, namentlich als kohlensaurer Kalk, theils im freien Zustande vom Boden absorbirt, in der Bodenluft, oder im Wasser des Bodens aufgelöst. Jede Erde, die, mit einer Säure betropft, aufbraust, enthält Kohlensäure. Im Bodenwasser aufgelöst bildet sie, wie schon vielfältig gezeigt, ein Lösungsmittel für sehr viele in reinem Wasser unlösliche Bodenbestandtheile.

Chlor kommt an Natrium gebunden, als Kochsalz, im Boden vor, nebstdem zuweilen auch als Chlormagnesium oder Chlorkalium; alle diese Verbindungen sind in Wasser löslich. Die Menge des Chlor im Boden ist nur eine sehr geringe, zwischen einigen Hundertstel und Tausendstel Procenten schwankend.

Salpetersäure. Es ist mit Sicherheit nachgewiesen, dass sich Salpetersäure an Kali, Natron, Ammoniak oder Kalk gebunden im Boden findet; ob dies aber in jedem Boden unserer Klimate der Fall ist, lässt sich bis zur Stunde noch nicht mit Gewissheit be-

1) Nach Petzholdt enthielt gedüngte Tschernojzem 0,54, ungedüngte 0,18 Proc. Phosphorsäure.

haupten. Selbst aber im Ackerboden, in welchem man sie nachweisen konnte, war die Menge meist nur eine sehr geringe, nach Bestimmungen von W. Wolf schwankte ihr Gehalt zwischen 0,0006 bis 0,03 Proc. (Erstere Erde war eine Schwarzerde, letztere eine Moorerde.) Dem ungeachtet ist es geboten, bei dieser Säure und ihrer Bildung etwas länger zu verweilen, indem durch die Forschungen der Neuzeit ziemlich erwiesen scheint, dass die Salpetersäure bei der Pflanzenernährung eine sehr bedeutende Rolle spielt.

Die im Boden sich findende Salpetersäure wird nur zum geringen Theile durch das Regenwasser als salpetersaures Ammoniak zugeführt. Meist bildet sich die Salpetersäure als in Wasser leicht lösliche Verbindung erst im Boden, wo sie entweder an Kali, Natron oder Kalk gebunden vorkommt. Diese Salze nennt man Kali-, Natron- oder Kalksalpeter und demgemäss die Bildung der Salpetersäure im Boden schlechtweg Salpeterbildung. Hier müssen wir, an früher schon Erörtertes anknüpfend, wiederholt erinnern, dass bei Zersetzung organischer stickstoffhaltiger Körper im Boden sich Ammoniak entwickelt. Dieses Ammoniak kann sich, wie schon erwähnt, bei ausreichenden Mengen von Sauerstoff und Gegenwart von Kali, Natron oder Kalk und einer bestimmten nicht zu niedrigen Temperatur in Salpetersäure umwandeln. Die Porosität der Erde beschleunigt diese Umwandlung. Das Ammoniak besteht aus Stickstoff und Wasserstoff, die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff. Bei der Salpetersäure ist daher der Stickstoff an Sauerstoff und bei Ammoniak an Wasserstoff gebunden. Ueberall, wo stickstoffhaltige, namentlich thierische Stoffe in Zersetzung begriffen sind, wo warme Luft Zutritt hat und einer der basischen Stoffe (Kali, Natron, Kalk) gegenwärtig ist, findet Salpeterbildung statt. So in der Erde unter öffentlichen Pissoirs, unter Stallungen, Jauchengruben oder in Mauern, die von Jauche durchdrungen sind. Die Salpetersäure, welche sich in derartigen Mauern bildet, ist meist an Kalk gebunden, und bildet den salpetersauren Kalk, den wir als weisse Efflorescenz an solchen Mauern oft sehen und der unter dem Namen Mauersalpeter bekannt und gefürchtet ist, weil er die Zerstörung der Mauern veranlasst. In manchen Erdgegenden wird durch besondere locale Verhältnisse die Salpeterbildung begünstigt, so in den regenlosen Landstrichen von Chili, in welchen Lager von Natronsalpeter in meilenweiter Ausdehnung das Land bedecken und von wo jährlich Hunderttausende von Centnern dieses Salzes ausgeführt werden.

Eine höchst interessante Erscheinung ist, dass unter günstigen Umständen die aus Ammoniak gebildete Salpetersäure sich wieder zu Ammoniak umwandeln kann, sobald bei gehindertem Luftzutritt, also bei Mangel an Sauerstoff, salpetersaure Salze mit in Zersetzung

begriffenen organischen Stoffen in Berührung kommen. Wo also ein Ueberschuss von organischen sich zersetzenden Stoffen vorhanden ist, welche allen vorhandenen Sauerstoff zu ihrer Zersetzung verbrauchen, können sich keine salpetersauren Salze mehr bilden und aus den etwa schon gebildeten werden wieder Ammoniaksalze.

Bringen wir in eine Lösung von faulenden organischen Stoffen z. B. in faulende Jauche, ein salpetersaures Salz, so finden wir von letzterem nach einiger Zeit keine Spur mehr. Es erklärt sich aus diesem Grunde, warum sich in mit Jauche getränkten Düngerhaufen, in faulenden Excrementen und vielen anderen Stoffen keine oder nur höchst unbedeutende Mengen von salpetersauren Salzen finden, und es scheint, dass sich auch nur in der äussersten am meisten gelockerten Schichte der Ackerkrume, unter sonst günstigen Umständen, Salpeter bilden kann. Werden salpetersaure Salze, durch Regenwasser gelöst, in die tieferen Schichten geführt, wohin der Luftzutritt gehemmt ist und wo sich zersetzende organische Stoffe sich vorfinden, so wandeln sich jene Salze in Ammoniaksalze um.

Die stickstoffhaltigen organischen Stoffe[1]), welche fast immer neben den stickstofffreien organischen Stoffen im Boden vorhanden sind, stellen uns die dritte Form dar, in welcher sich der Stickstoff im Boden findet. Diese drei Formen sind demnach:

1. Organische Verbindungen mit den Elementen Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff;
2. Ammoniak;
3. Salpetersäure.

Die Gesammtmenge des Stickstoffes, wie er in allen drei Formen im Boden vorkommt, schwankt in gewöhnlichem Ackerboden zwischen $^1/_{10}$—$^3/_{10}$ Proc. der Erde.

Ueber die organischen Stoffe und ihre Zersetzungsproducte wurde schon das Nöthige bei der Verwesung (S. 43) mitgetheilt.

---

1) Boussingault (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876, Nr. 5, S. 445) hat neuerdings den Einfluss studirt, welchen die Ackererde auf die Salpetersäurebildung aus den als Dünger gebrauchten stickstoffhaltigen organischen Stoffen ausübt. Angewendet wurde vergleichsweise gewaschener und geglühter Sand von Fontainebleau, gewaschene Kreide von Meudon und Ackererde unter Zusatz von Stroh, Rapspresskuchen, Knochenpulver, Hornabfällen, Wollenlappen, Pferdefleisch und Pferdeblut. Die befeuchteten Gemenge wurden 5 Jahre lang bei Lichtzutritt in Flaschen, deren Inneres nur durch ein sehr enges Rohr mit der Atmosphäre in Verbindung stand, sich selbst überlassen. In dem Sande haben die stickstoffhaltigen organischen Substanzen nur Spuren Salpetersäure oder Ammoniak geliefert, dasselbe wurde bei der Kreide beobachtet, nur war die Ammoniakmenge etwas grösser. In der Ackererde wurde die grösste Menge Salpetersäure und am wenigsten Ammoniak gebildet. 100 Theile der stickstoffhaltigen Substanz haben im Mittel 21,6 Proc. Salpetersäure (= 5,6 N.) geliefert, ungefähr die Hälfte des Totalstickstoffgehaltes.

Das Wasser kommt im Boden ebenfalls als chemischer Bestandtheil vor, so in Verbindung mit Eisenoxyd, Thonerde als Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat u. s. w., nebstdem findet es sich aber noch in tropfbarflüssigem Zustande (Bodenwasser) und als Wassergas vom Boden mechanisch gebunden. Es hat sich schon bei Betrachtung der Verwitterungsursachen (S. 20) und der physikalischen Eigenschaften des Bodens (S. 85) gezeigt, welche ungemein wichtige Rolle namentlich das tropfbarflüssige Wasser in dieser Beziehung spielt; dies wird aber in dem Folgenden noch mehr hervortreten. Vorerst sei hier nur mit einigen Worten des Ursprunges des tropfbarflüssigen und gasförmigen Wassers im Boden gedacht, wenn dieses auch immerhin nicht zu den chemischen Bestandtheilen desselben zählt. Das Wasser als Gas wird von der Erde aus der Luft absorbirt. Das tropfbarflüssige Wasser erhält der Boden direct durch Regen, Schnee, Thau u. s. w. und indirect aus diesen atmosphärischen Niederschlägen als Grundwasser, Tagewasser und Stauwasser.

Das Wasser, welches als atmosphärischer Niederschlag (Regen, Thau, Schnee u. s. w.) auf den Boden fällt, verdunstet theilweise, theilweise versickert es, bis es auf eine undurchlässige Schichte (Stein, Thon u. s. w.) kommt. Ueber derselben bleibt es stehen, wenn sie nicht etwa geneigt ist, in welchem Falle es an ihr abwärts sickert und als Quelle am geeigneten Orte zu Tage tritt. Bevor dasselbe als Quelle zu Tage tritt, heisst es Grundwasser. Der Stand desselben im Boden, der ein sehr verschiedener sein kann, heisst Grundwasserspiegel.[1])

Liegt der Grundwasserspiegel nicht zu tief, so kann durch Wasseraufsaugung die Krume von unten aus feucht erhalten werden, wodurch auf sie ein günstiger oder auch nachtheiliger Einfluss ausgeübt wird.

Tagewasser ist das als Quelle zu Tage tretende Grundwasser.

Das Stauwasser ist das Wasser, das im Boden von angrenzenden Flüssen, Seeen oder Teichen und anderen Wasseransammlungen eindringt.

2. Die Bodenlösungen.

Wir haben im Vorhergehenden die Bestandtheile kennen gelernt, welche sich in jedem guten Ackerboden finden sollen. Laugt man

1) Er liegt in trockenen Jahren tiefer, in nassen Jahren, nach anhaltend regnerischem Wetter, Abgehen des Schnees u. s. w. höher und erreicht dann erst mitunter die Ackerkrume.

Ackererde mit destillirtem Wasser aus, so löst sich darin ein wenn auch geringer Theil der Stoffe und man nennt eine solche Lösung den wässerigen Erdauszug. Er enthält bei fruchtbarem Boden alle jene Mineralstoffe, welche die Pflanzen zu ihrer Nahrung benöthigen. Es ist dies eine Thatsache von sehr grosser Wichtigkeit, auf die ich schon mehrmals, auf Untersuchungen gestützt, hingewiesen[1]), und die sich nach den hierüber angestellten Versuchen von Grouven, Anderson, Stöckhardt, Riesler, Verdeil, Eichhorn, E. Wolff, Al. Cossa u. A. nicht umstossen lässt, und noch mehr an Wichtigkeit gewinnt, wenn man berücksichtigt, dass man in dieser Lösung die Pflanzennährstoffe meist in weit grösserer Menge findet, als sie für eine oder mehrere Ernten nöthig sind. Es widerlegt dies Liebig's Ansicht, „dass das Wasser keine Spur von Kali, von Kieselsäure, von Ammoniak, von Phosphorsäure auflöst, und dass die Erde von allen den Pflanzennährstoffen, die sie enthält, kein Theilchen an Wasser abgiebt.[2])

Bei zwanzigerlei von Hoffmann untersuchten Bodenarten aus Böhmen schwankte die Menge der im Wasser löslichen Bestandtheile zwischen 0,242 und 0,0205 Procent der trockenen Erde. Hiervon betrug die Menge der organischen Stoffe 0,194 — 0,0137 Procent, demnach überwiegend mehr, als mineralische Stoffe.

Diese wässerigen Erdauszüge geben uns aber keinen richtigen Aufschluss über die Zusammensetzung der Lösung von Bodenbestandtheilen, wie sie im Boden vorkommen, über die Zusammensetzung des „Bodenwassers“ (Bodenflüssigkeit), auch nicht über die Stoffmenge, die durch dieses den Pflanzen im Momente zugänglich ist. Denn einestheils lässt sich kein Boden vollkommen mit Wasser erschöpfen und andererseits ist das Wasser, dessen sich die Natur zum Lösen der Bodenbestandtheile bedient, kein chemisch reines Wasser und endlich ist die Pflanze selbst durch ihre Wurzeln bei der Löslichmachung von Bodenbestandtheilen thätig. Alles Wasser, das im Boden vorgefunden wird, ist kein reines Wasser, es enthält immer Kohlensäure, Ammoniaksalze, meist auch salpetersaure Salze (salpetersaures Ammoniak) und andere Stoffe, und wird natürlich weit mehr Bodenbestandtheile auflösen, als ganz reines Wasser.

Noch weniger kann man aus einem wässerigen Extract der Erde entnehmen, wie gross die Stoffmengen sind, die während einer Vegetationsdauer irgend einer Culturpflanze dem Boden in Lösung

1) Hoffmann's Jahresbericht über die Fortschritte der Agriculturchemie. Bd. VI. S. 7.

2) Chemische Briefe Bd. II. S. 261.

geboten werden können, denn theils werden unausgesetzt durch Verwitterung Stoffe löslich, theils ist die Summe der im Wasser löslichen Stoffe in der Ackerkrume eine viel zu unconstante Grösse, die sich mit jedem Regen, mit jedem Temperaturwechsel ändern muss. Starke Regenmengen führen durch Versickerung des Wassers diese Stoffe theilweise in tiefere Schichten, von wo sie unter günstigen Umständen, vermöge der „wassersaugenden Kraft“ des Bodens, wieder emporgehoben werden können. Es muss ferner erwähnt werden, dass bei der Austrocknung der Ackerkrume alle schwerlöslichen Stoffe, wie z. B. der Gyps, dann solche, welche, wie kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser gelöst waren, unlöslich werden.

Um ein Bild zu geben, wie viel von einem Boden in Wasser gelöst werden kann, möge folgende Zusammenstellung dienen:

Von 100000 Theilen Erde wurden von Wasser gelöst:

Bezeichnung der Bodenart.	Kalk.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Phosphorsäure.	Chlor.	Schwefelsäure.	Kieselsäure.	Eisenoxyd u. Thonerde.	Organ. Mater.	Gesammt-Menge.
Sehr reicher Boden (ausgezeichnet kleefähig), mit der 6 fachen Menge kalten Wassers behandelt . . .	18	2	13	8	2	—	5	11	5	53	134
Sehr guter Rübenboden (Klee nicht tragend) mit der 5 fachen Wassermenge behandelt	5	2,5	3	5,5	Spur	Spur	Spur	4,5	6,5	24	51
Guter Weizenboden (5 fache Wassermenge) .	6	1	4	4	—	Spur	1	2	2	28	43
Geringer Weizenboden (5 fache Wassermenge) .	10	Spur	1	2	—	Spur	1	11	3	18	46
Gartenerde (3fache Wassermenge)	23	1,5	7	4,5	1,5	1,5	1	38	2	30	110
Armer Sandboden (3 fache Wassermenge)	8	0,5	0,5	3,5	Spur	1	1,5	20	—	10	45
Thonboden (Rübenfeld, 9,6 fache Wassermenge) .	33	3,5	4,5	9	5	3,5	18	Spur	—	70	147
Torfboden (16 fache Wassermenge)	164	11	47	12	Spur	33	302	Spur	77	449	1095
Torfiger Wiesenboden (8 fache Wassermenge) .	92	44	21	24	Spur	Spur	11	1	2	230	425
Sandwiesen	79	43	16	476	—	407	144	58	—	170	1393
Ausgezeichnet. Rübenboden	79	3	3	5	1	4	4	20	3	88	150
Armer Rübenboden . . .	26	5	3	4	1	5	3	15	2	83	147

Einen weiteren Aufschluss über die Beschaffenheit der Bodenlösungen gestatten die Lysimeterwässer und Drainwässer. Es mögen daher einige analytische Daten über deren Zusammensetzung Platz finden. Die eingehendsten Untersuchungen über Lysimeterwässer hat wohl Zöller in den Jahren 1857—1860 ausgeführt. Er fand z. B. in der Zeit vom 16. November 1859 bis zum 12. April 1860 in 6 mit Gras bewachsenen Bodenarten (je 1 Quadratfuss Erde von 12 Zoll Tiefe), die bereits in dem Vorjahre zu Lysimeterversuchen gedient hatten:

	I. Ungedüngter Alluvialkalkboden.	II. Derselbe Boden, gedüngt mit 17,8 Grm. salpeters. Kali.	III. Derselbe Boden, Düngung: 14,5 Grm. schwefels. Kali.	IV. Derselbe Boden, Düngung: 17,8 Grm. salpeters. Kali und 3,66 Grm. Phosphorit, aufgeschlossen mit 2 Grm. Schwefelsäure.	V. Derselbe Boden, Düngung: 15,4 Grm. schwefels. Kali und Phosphorit wie in IV.	VI. Derselbe Boden, Düngung: 12,3 Grm. kohlens. Kali.
urch den Boden gegangene Wassermenge	20201	14487	20348	17491	23205	22488 CC.
ester Rückstand derselben bei 100° C.	4,5631	11,4272	15,1967	13,6805	20,784	5,5878 Grm
sche des festen Rückstandes.	3,192	8,861	13,644	10,681	17,668	4,614 „
atron	0,044	0,069	0,083	0,030	0,085	0,038 Grm
ali	0,024	0,166	0,205	0,231	0,244	0,112 „
lagnesia	0,253	0,302	0,296	0,285	0,320	0,117 „
alk	1,530	3,483	5,360	4,838	7,112	1,963 „
isenoxyd	0,072	0,057	0,072	0,084	0,088	0,053 „
hlor	0,035	0,080	0,202	0,132	0,283	0,127 „
hosphorsäure	Reaction	Reaction	Reaction	Reaction	Reaction	Reaction
chwefelsäure	0,289	0,205	6,527	2,104	9,124	1,524 „
alpetersäure	1,125	5,913	1,301	5,248	1,401	1,390 „
ieselsäure	0,178	0,271	0,208	0,230	0,280	0,269 „
and	0,044	0,021	0,036	0,025	0,056	0,097 „
Summa	3,594	10,567	14,290	13,207	18,993	4,690 Grm
b das dem Chlor entsprechende Aequivalent Sauerstoff	0,007	0,018	0,045	0,029	0,063	0,028 „
Summa	3,587	10,549	14,245	13,178	18,930	4,662 Grm
lühverlust u. Kohlens.	0,9761	0,8782	0,9517	0,5025	1,854	0,9258 „
Summa	4,5631	11,4372	15,1967	13,6805	20,784	5,5878 Grm

1) Liebig, die Chemie und ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 9. Aufl. von Zöller. Braunschweig 1875, S. 464 u. ff.

Von den zahlreichen Drainwässer-Analysen von Way, Kroker, Völcker, Schlösing u. A. seien als Beispiel die von Kroker gefundenen Zahlen angeführt.

In 100,000 Theilen sind:	I. Thoniger Boden mit kalkhaltigem Untergrund. 1. April ges.	II. Derselbe Boden wie 1. zu einer andern Zeit. 1. Mai ges.	III. Derselbe Boden wie I, gemischt mit humosem Thonboden, daneben liegend.	IV. Anderer Boden mit kalkhaltigem Untergrund. Drains fortw. laufend.	V. Aus den Wasserfurchen eines schweren Thonbodens	VI.
Organische Substanz . .	2,5	2,4	1,6	0,6	6,3	5,6
Kohlensaurer Kalk . . .	8,4	8,4	12,7	7,9	7,1	8,4
Schwefelsaurer Kalk . .	20,8	21,0	11,4	1,7	7,7	7,2
Salpetersaurer Kalk . . .	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Kohlensaure Magnesia . .	7,0	6,9	4,7	2,7	2,7	1,6
Kohlensaur. Eisenoxydul .	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1
Kali	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6
Natron	1,1	1,5	1,3	1,0	0,5	0,4
Chlornatrium	0,8	0,8	0,7	0,3	0,1	0,1
Kieselsäure	0,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5
Gesammtmenge	42,1	42,5	33,7	15,3	25,8	24,7

Spuren von Phosphorsäure wurden in sämmtlichen Drainwässern gefunden.

Alle diese Analysen können aber nur sehr bedingten Werth für die Beurtheilung des Gehaltes und Werthes der Bodenlösungen beanspruchen, denn die Beschaffenheit der Drainwässer ist unendlich abhängig von den gleich zu besprechenden Absorptionsverhältnissen der Böden und sie sind in ihrer Qualität keineswegs den Bodenlösungen gleichzustellen.

3. Die Bodengase.

Zwischen der Luft in den Hohlräumen des Bodens und der Atmosphäre findet stete Diffusion statt und es würde die Beschaffenheit beider gleich sein, wenn nicht im Boden Verbrauch, sowie Neubildung von Gasen stattfände.

Der Verbrauch von Gasen wird bedingt einerseits durch physikalische Bindung (Absorption) derselben durch einzelne Bodenbestandtheile, eine Eigenschaft, von welcher wir gleich eingehender zu sprechen haben werden, dann durch die chemischen Processe im Boden selbst (Oxydationen) und endlich durch die Aufnahme einzel-

ner Gase durch die Pflanzenwurzeln. Die Neubildung von Gasen ist abhängig von den Zersetzungsprocessen der organischen Bodenbestandtheile.

Die hier in Frage kommenden Gasarten sind Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Ammoniak und gasförmiges Wasser. Eingehendere Untersuchungen über die Bodenluft verdanken wir Pettenkofer, Fleck, Fodor u. A. Der Sauerstoffgehalt der Luft im Boden ist geringer als der der freien Luft, er wird zu den Oxydationsvorgängen im Boden und von den Pflanzen, besonders während des Keimens derselben, consumirt.[1]) Der Kohlensäuregehalt ist meist grösser als der der Luft und steht in naher Beziehung zu den organischen Bestandtheilen des Bodens, sowohl rücksichtlich deren Menge als der Intensität des Verwesungsprocesses. Fodor fand in 1000 Theilen Bodenluft im Durchschnitt 107,5 Theile Kohlensäure, während Pettenkofer und Fleck nur die Hälfte resp. den vierten Theil der Kohlensäure antrafen. Im Allgemeinen nimmt die Kohlensäuremenge der Bodenluft mit der Tiefe zu, ferner influiren auf den Kohlensäuregehalt das Gefüge des Bodens, dichtere Boden haben eine kohlensäurereichere Luft als lockere, die Bodentemperatur[2]), die Bodenfeuchtigkeit und der Luftdruck.

Der freie Stickstoff der Bodenluft hat höchstens insoweit Bedeutung, als er von den Humuskörpern zur Bildung von Ammoniak verwendet wird. (Siehe S. 46.)

Ammoniak kommt in der Bodenluft, also nicht absorbirt, wohl nur selten in bestimmbarer Menge und dann als Carbonat vor. Boussingault und Levy fanden in mit Stallmist frisch gedüngtem Boden bei einer Tiefe von 14 Zoll in einer Million Theile Luft 32 Theile Ammoniak. Fünf Tage später, nach regnerischem Wetter, nur 13 Theile.

Von dem Verhalten des gasförmigen Wassers im Boden ist schon S. 92 die Rede gewesen. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass in Tiefen von 2—6 Meter die Bodenluft mit Feuchtigkeit gesättigt ist.

---

1) Fodor fand im Durchschnitt von 19 Analysen einen Gehalt von 18,33 Proc. Sauerstoff, in manchen Fällen sank er sogar bis 7,46 Proc.

2) Nach Fleck's Beobachtungen (3. Jahresbericht d. chem. Centralstelle. Dresden 1874, S. 18) bestehen nur untergeordnete Beziehungen zwischen Bodenwärme und Verwesungsvorgang im Boden, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist.

	6 Mtr. tief.	4 Mtr. tief.	2 Mtr. tief.
Maximum des Kohlensäuregehaltes	7. Oct.	7. Oct.	25. Juli.
Maximum der Bodentemperatur .	21. „	16. Sept.	3. Sept.
Minimum des Kohlensäuregehaltes	18. Febr.	18. Febr.	11. Febr.
Minimum der Bodentemperatur .	22. April.	25. März.	25. „

Folgende Tabelle (nach Boussingault und Levy)[1]) gibt einen Ueberblick über die Beschaffenheit der Luft in verschiedenen Bodenarten.

Bezeichnung des Bodens.	Cubikfuss Luft im Acre auf eine Tiefe von 14 Zoll 1 Zoll = 2,6 Ctm. 1 Cubikfuss = 32 Cubikdecim. 1 Acre = 0,405 Hectare.	Cubikfuss Kohlensäure im Acre auf eine Tiefe von 14 Zoll.	Zusammensetzung der Luft im Boden in 100 Volumtheilen.		
			Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Sandiger Untergrund eines Waldes	4416	14	0,24	—	—
Lehmiger Untergrund eines Waldes	3530	28	0,79	19,66	79,55
Obergrund eines Waldes .	5891	57	0,87	19,61	79,52
Thoniger Boden eines Artischockenfeldes	10310	71	0,66	19,99	79,35
Boden eines Spargellandes, ein Jahr nicht gedüngt .	11182	86	0,74	19,02	80,24
Boden eines Spargellandes, frisch gedüngt	11182	172	1,54	18,80	79,66
Sandiger Boden, 6 Tage nach der Düngung und nach 3 Tagen Regen	11783	257	2,21	—	—
Sandiger Boden, 10 Tage nach der Düngung . .	11783	1144	9,74	10,35	79,91
Vegetabil. Modercompost .	21049	712	3,64	16,45	79,91
Cubikfuss Luft über einem Acre auf 14 Zoll Höhe	50820	12	0,025	20,945	79,030

Welche grosse Bedeutung eine Durchlüftung des Bodens für dessen chemische und physikalische Beschaffenheit, sowie für das Pflanzenwachsthum hat, weiss jeder Praktiker. Der praktische Theil dieses Buches wird Gelegenheit bieten, auf dieses Kapitel zurück zu kommen.

4. Die Absorption.

Das Vermögen der Holz- und Knochenkohle, nicht nur Farbstoffe und Gase, sondern auch in Lösung befindliche unorganische

1) Man vergleiche die eingehenden Untersuchungen Fleck's in dem 2. und 3. Jahresbericht der chem. Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege. Dresden. Zahn's Verlag.

Verbindungen festzuhalten, war schon lange bekannt, aber auch, dass die Ackererde ein ganz ähnliches Verhalten zeigt, ist nicht eine Entdeckung der neuesten Zeit. Vor Gazzeri (1819) und Bronner (1836) hatten Bacon, Stephan Hales, Berzelius und Matteucci die Eigenschaft der Erde, organische und unorganische Stoffe zurückzuhalten, gekannt und beschrieben. Thomson, Huxtable und besonders Way waren aber die ersten, welche specieller das Absorptions-Vermögen der Ackererde ins Auge fassten, eingehendere Untersuchungen über dasselbe durchführten und eine Erklärung dieser wichtigen Erscheinung versuchten. In Deutschland gebührt Liebig das Verdienst, auf die Beobachtungen Way's und deren Tragweite für die Pflanzenvegetation aufmerksam gemacht und sie durch neue Versuchsreihen und Erläuterungen ergänzt zu haben. In neuester Zeit haben besonders Knop und dessen Schüler die Absorptions-Erscheinungen auf das sorgfältigste studirt.

Vollständig sind die Vorgänge bisher aber nicht erklärt worden. Physikalische und chemische Processe sind dabei im Spiel, wenn man auch einräumen muss, dass letztere überwiegen. Oft hat man wohl das Absorptionsvermögen der Erde als eine Art „Polizei" für die den Pflanzen zuträglichen und nicht zuträglichen Nährstoffe dargestellt, das ist aber nicht richtig, denn viele den Pflanzen schädliche Bestandtheile, z. B. das Kupfer, werden von der Erde absorbirt, andere nützliche, wie z. B. die Salpetersäure, dagegen nicht. Mit Recht kann man dagegen wohl annehmen, dass das Absorptionsvermögen als Regulator für die Concentration der Nährstofflösnngen im Boden wirkt.

a. Die Absorption von Gasen.

Schon oben haben wir gesehen, dass die Bodenluft selten die Zusammensetzung der Atmosphäre hat. Eingehendere Untersuchungen über die Condensation der Gase durch Erden verdanken wir Reichardt und Blumtritt, Döbrich und Scheermesser. Döbrich, welcher sehr viele natürliche Bodenarten untersuchte, fand im Durchschnitt

	Sandboden.	Kalkboden.	Thonboden.
100 Grm. der Böden gaben Cubikcentimeter Gas . .	29,4	41,16	32,2
100 Volumina der Böden gaben Volumina Gas	39,9	58,37	46,1

Das Gas bestand aus:	Sandboden.	Kalkboden.	Thonboden.
Kohlensäure	16,5	38,8	26,4
Sauerstoff	15,0	10,2	13,3
Stickstoff	68,5	51,0	60,3
Verhältniss des Sauerstoffs zu Stickstoff = 1:	4,6	5,0	4,5

Mit Berücksichtigung der anderen Untersuchungen lässt sich kurz resumiren: Kohlensäure findet sich, obgleich sie manchmal ganz fehlt, gewöhnlich reichlich in den absorbirten Gasen; der Sauerstoff fehlt öfters beinahe oder ganz; der Stickstoff ist meist in grösserem Verhältniss absorbirt, als er in der Atmosphäre auftritt, auch ist er in einigen Fällen sehr stark verdichtet, z. B. beim Torf, dem Eisenoxydhydrat und der kohlensauren Magnesia. Das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff wird durch Befeuchten zu Gunsten des letzteren abgeändert. Bei Bodenarten, welche verwesende organische Substanzen enthalten, ist ein Theil der Kohlensäure öfters durch Kohlenoxyd ersetzt. Der Kohlensäuregehalt der Bodenarten steigt proportional dem Gehalt derselben an Eisenoxydhydrat; durch Einwirkung der Sonnenwärme, wie überhaupt durch die höhere Tagestemperatur, wird ein grosser Theil der absorbirten Kohlensäure ausgetrieben, aber während der Nacht wieder ersetzt. Stets ist der Gehalt derselben am Morgen grösser als gegen Abend. Feuchte Erdmischungen verlieren ihre Kohlensäure unter Einwirkung der Sonnenstrahlen viel leichter als trockene. Wichtig für das Pflanzenwachsthum ist besonders das Verhalten des Eisenoxydrates, welches bei Gegenwart von Wasser und kohlensaurem Kalk die absorbirte Kohlensäure abgibt und den kohlensauren Kalk löst.

Das Eisenoxyd übt aber auch dadurch günstige Rückwirkungen auf die Culturpflanzen, dass es, wie Bretschneider nachgewiesen hat, ganz beträchtliche Mengen von Stickstoff in Form von Ammoniak aus der Luft absorbirt. Für die Fähigkeit der einzelnen Bodenconstituenten, Stickstoff in Form von Ammoniak aus der Atmosphäre aufzunehmen, fand Bretschneider folgende Zahlen pro Hectar:

	Kilo.
1. Ein Gemisch aus reinem Quarz und 5 proc. Ulmin	46,041
2. „ „ „ „ „ „ 3 „ „	24,302
3. „ „ „ „ „ „ 1 „ „	7,008
4. Ulmin	6,495
5. Eisenoxyd	12,495
6. Kohlensaurer Kalk	3,286
7. Gyps	0,295
8. Quarz	1,619
9. Ruhiger Wasserspiegel	0,814.

Die Menge des physikalisch von den einzelnen Bodenarten absorbirten Ammoniaks wechselt sehr, sie wird nach Brustlein's Untersuchungen durch Regen und Thau, sowie durch Düngen vermehrt und durch Verdunstung des Wassers vermindert. Im Allgemeinen ist die wirklich physikalisch absorbirte Menge des Ammoniaks äusserst gering. Von dem im Boden chemisch gebundenen Ammoniak wird gleich die Rede sein.

b. Die Absorption fester Substanzen aus Lösungen.

Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden mit Mistjauche gemacht. Man überzeugte sich, dass, wenn stinkende missfarbige Mistjauche durch eine genügende Erdschichte hindurch filtrirte, sie entfärbt, hell und geruchlos ablief. Durch quantitative Bestimmungen fand man, dass nicht allein die Farbstoffe und die übelriechenden, sich zersetzenden organischen Substanzen, sondern auch ein Theil der unorganischen Stoffe in der Erde zurückgehalten wurden, gleichzeitig wurde aber auch ein Austausch zwischen Bestandtheilen der Lösungen und des Bodens constatirt.

Einen überzeugenden Beleg liefert uns Völcker. Er übergoss 300 Gewichtstheile Ackererde mit 4000 Gewichtstheilen Mistjauche, verdünnt durch ebenso viel Wasser. Die Jauche enthielt in einer gleichen Menge (1 Gallon = 7000 Grain)

	Vor der Berührung mit Erde	Nach der Berührung mit Erde
Ammoniak	19,68 Grain	6,91 Grain
Organische Substanz	184,05 „	118,50 „
Kieselsäure	0,75 „	2,38 „
Phosphorsauren Kalk und Eisenoxyd	7,90 „	1,54 „
Kohlensauren Kalk	17,46 „	79,72 „
Schwefelsauren Kalk . . .	2,18 „	7,92 „
Kohlensaure Talkerde . . .	12,83 „	6,16 „
Kochsalz	22,85 „	18,90 „
Chlorkalium	35,25 „	26,44 „
Kohlensaures Kali	85,27 „	4,29 „
	338,22 Grain	282,76 Grain

Wir sehen, dass hier namentlich organische Stoffe, Ammoniak und kohlensaures Kali von der Erde festgehalten, kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk und Kieselsäure hingegen ausgeschieden wurden.

Während man früher, dem Vorgange Liebig's folgend, diese Absorptionserscheinungen lediglich als physikalische Vorgänge, als

mechanische Flächenattraction zu erklären geneigt war, drängen die zahlreichen neueren Untersuchungen mehr und mehr zu der Gewissheit, dass wenigstens die Absorption der unorganischen Verbindungen ein rein chemischer Vorgang sei, als welchen ihn schon Way aufgefasst hatte. Die Farbstoffe und die organischen Riechstoffe, Körper, die einen ganz specifischen Charakter und zumeist ein hohes Moleculargewicht besitzen, scheinen hingegen nur mechanisch gebunden zu werden. Was nach dem jetzigen Standpunkte unseres Wissens über die Absorption der für die Pflanzen wichtigen Salze, Säuren und Basen eruirt wurde, sei im Nachfolgenden nach Knop[1]) kurz zusammengefasst.

Absorbirt werden von pflanzlichen Nährstoffen die Basen: Ammoniak, Kali, Natron, Kalk und Magnesia; die Säuren: Kieselsäure und Phosphorsäure. Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure werden nicht absorbirt.

Zunächst verdienen besondere Beachtung die Absorptionsverhältnisse des Ammoniaks, des Kalis und der Phosphorsäure aus Lösungen derselben oder eines ihrer Salze. Bei allen dreien sind sowohl die Substanzen, welche die Absorption bewerkstelligen, als die Ursachen, warum diese absorbiren, verschieden.

Die Phosphorsäure wird lediglich deshalb der Bodenflüssigkeit entzogen, weil sie mit den im Boden vorhandenen Basen aus der Reihe der Erden und schweren Metalle in Wasser unlösliche Verbindungen eingeht. Bringt man ein Superphosphat als Dünger in die Erde, so bildet sich binnen wenigen Tagen vorzugsweise unlösliche phosphorsaure Kalk- und Talkerde und in geringeren Mengen phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaure Thonerde. Mit der Zeit mag dann der phosphorsaure Kalk seine Säure an Eisenoxyd und Thonerde ganz und gar abgeben und damit unwirksamer werden. Von den Bestandtheilen des Bodens können also die Carbonate der Kalkerde und Talkerde ohne Weiteres die Aufnahme der Phosphorsäure erhöhen und ebenso diejenigen Silicate, welche bei der Verwitterung Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat liefern, wie die Sesquioxydsilicate, sowie auch diejenigen, unter deren Monoxyden Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul erscheinen. Die Phosphate der Alkalien sind in Wasser leicht löslich. Mit Gyps können sich lösliche Phosphate nach und nach in der Weise umsetzen, dass die Phosphorsäure an den Kalk tritt und dafür die Schwefelsäure aus demselben frei wird. Man sieht, die Absorption der Phosphorsäure beruht lediglich auf chemischer Bindung.

Was das Kali anbetrifft, so ist wohl nicht daran zu zweifeln,

1) Siehe Knop, die Bonitirung der Ackererde. 2. Ausgabe. Leipzig 1872.

dass es aus einer Lösung von Aetzkali und kohlensaurem Kali ohne Weiteres chemische Verbindungen mit gewissen Gemengtheilen der Ackererde eingehen kann. Die Thatsache aber, dass die Erden die stärksten Säuren, wie Schwefelsüure, Salzsäure, Salpetersäure vom Kali (auch vom Ammoniak) abspalten, verbunden mit der Erscheinung, dass die Erden aus concentrirten Lösungen mehr von den Basen aufnehmen, wenn man sie mit grösseren Mengen Lösung desselben Salzgehaltes übergiesst[1]), widerstreitet den Regeln der Chemie. Aus diesem Grunde schreibt Knop den Erden ein „Dissociationsvermögen" zu[2]), welches die Trennung der Basen von den Säuren bewerkstelligt, worauf dann die chemische Verbindung erfolgt.

Sehr viel Kali wird absorbirt, wenn in einer Erde wasserhaltige Silicate und zugleich Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat reichlicher enthalten sind, ferner von freier amorpher Kieselsäure und fein vertheilten wasserfreien Silicaten, sowie von kohlensaurer Ammoniakthonerde, phosphorsaurer Thonerde und phosphorsaurem Eisenoxyd. Wenig oder gar kein Kali wird von folgenden Constituenten der Ackererde absorbirt: von Eisenoxydhydrat oder Thonerdehydrat, wenn diese allein sind, von den Aluminaten der Monoxyde, von humussauren Salzen, von den Carbonaten der Kalk- und Talkerde.

Das Ammoniak wird nicht gebunden von freier Kieselsäure, wenig von eisenfreien sauren und schlecht verwitterten Silicaten, stärker und stark von gutverwitterten sauren und besonders von basischen Silicaten, seien diese wasserfrei oder wasserhaltig. Es wird nicht gebunden von Silicaten in dichtem, gefrittetem oder glasigem und krystallinischem Zustand. Das Silicat muss erdig zerfallen oder doch porös, von erdigem Bruch sein. Es wird ferner nicht absorbirt von den Carbonaten der alkalischen Erden und nicht von Gyps.

Phosphorsaure Talkerde, Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat binden etwas Ammoniak, die beiden letztgenannten verlieren aber das Vermögen durch Glühen. Humussaurer Kalk absorbirt das Ammoniak stark.

Im Ganzen sind also die Bodenconstituenten, welche Ammoniak

---

1) Mayer formulirt die bedenklichen Momente in folgenden Sätzen: „Aus verdünnten Lösungen wird regelmässig weniger absorbirt als aus concentrirteren." „Die absorbirten Stoffe können durch Auswaschen mit vielem Wasser theilweise wieder der Erde entzogen werden." „Aus einer grösseren Menge Lösung wird mehr absorbirt als aus einer kleineren Menge von derselben Concentration."

2) Mayer erklärt diese Vorgänge durch chemische Massenwirkung und führt ähnliche Beispiele bei unleugbar rein chemischen Processen an.

binden, fast dieselben, welche Kali absorbiren. Beiderlei Absorptionen sind aber darin von einander verschieden, dass das Kali von freier Kieselsäure und sauren Silicaten, sowie von phosphorsaurer Thonerde und phosphorsaurem Eisenoxyd gebunden wird und nicht von phosphorsaurer Talkerde und humussaurem Kalk, während das Ammoniak nicht gebunden wird von freier Kieselsäure, weniger von sauren als von basischen Silicaten und entschieden von phosphorsaurer Talkerde und humussaurem Kalk.

Im Allgemeinen steigt die Absorption der Bodenarten mit der Höhe der aufgeschlossenen Silicatbasen, mit der des Glühverlustes und mit der Zunahme der Sesquioxyde im Silicat, wenn mit diesen letzteren zugleich die Menge der aufgeschlossenen Silicatbasen sich zu höheren Procentsätzen erhebt. Es ist also das Absorptionsvermögen vorzugsweise eine Folge der Verwitterung der Sesquioxydsilicate.

Temperaturen, die nicht weiter als innerhalb 12—20 ° schwanken, haben keinen Einfluss auf die Grösse der Absorption.

Bei Vergleichung der Kali- und Ammoniak-Absorptionen stellt sich die Relation heraus, dass im Ganzen den niedrigen Ammoniakabsorptionen niedrige Kaliabsorptionen und den höheren Ammoniakabsorptionen höhere beim Kali entsprechen.

Welchen Werth haben aber die Absorptionsverhältnisse für den Landwirth? Stehen dieselben mit dem Grade der Fruchtbarkeit in nachweisbarem Verhältniss?

Aus den zahlreichen Untersuchungen, die Knop und seine Schüler zur Lösung dieser Fragen angestellt haben, folgert Knop, dass Erden, welche eine Absorption von nur 0—1 besitzen, völlig unfruchtbar sind. Eine Absorption von 8—10 ist schon genügend, um einen Boden für bauwürdig zu erklären, die von 15 ist gut, und fruchtbare Boden, wie z. B. die Lössarten, zeigen eine Absorption von 20—25. Die Absorption steigt noch viel höher bei Boden ersten Ranges, Absorptionen von 50—100 sind häufig, der Nilschlamm (siehe Tab. S. 129) zeigt sogar eine solche von 135.[1])

Zwischen der Absorption der Krume und der des Untergrundes lassen sich keine bestimmten Beziehungen ableiten, ebenso bedingen verschiedene Fruchtfolgen und Düngungen keinerlei bestimmbare Verschiedenheiten.

Fassen wir nochmals die Rückwirkungen der Absorptionserscheinungen auf die Vegetation zusammen, so sind es folgende: die Absorption regulirt die Bodenlösungen in ihrem Substanzgehalt, sie

1) Die Zahlen drücken die Menge Stickgas von 0° bei 760 Millim. Barometerstand aus, welche das von der Erde absorbirte Ammoniak geben würde, wenn man es durch unterbromigsaures Natron zersetzte.

hält nützliche Bodenbestandtheile zurück, sie bringt eine Anzahl von wichtigen Nährstoffen in unlösliche, aber mechanisch und chemisch ausserordentlich zugängliche Form.

Behandlung der Erden behufs der Absorptionsbestimmungen nach Knop. Man mischt, je nachdem man den Versuch mit 50 oder 100 Grm. Feinerde anstellt, 50 Grm. derselben mit 5 Grm. Kreidepulver oder 100 Grm. Feinerde mit 10 Grm. Kreide und dem doppelten Gewicht (100—200 C.-C.) einer Ammoniaksalzlösung von bekanntem Ammoniakgehalt. Als Ammoniaksalz wählt man den Salmiak und bereitet davon eine Lösung genau von der Concentration, dass das Ammoniak bei seiner Zersetzung für jeden C.-C. Flüssigkeit gerade 1 C.-C. Stickgas liefert. Zu dieser Bereitung ist zu merken, dass 1 Grm. Salmiak 0,2616 Grm. Stickstoff enthält, welche bei 0° Temperatur und 28 Zoll Barometerstand 208 C.-C. einnehmen. Man hat also in je 208 C.-C. Wasser 1 Grm. Salmiak zu lösen. Am besten bereitet man sich eine zehnfach concentrirtere Lösung und füllt diese erst beim Gebrauch auf das erforderliche Volum mit Wasser auf.

Man lässt unter öfterem Umschütteln die Erden 48 Stunden mit dieser Lösung in Berührung. Darauf filtrirt man 20 oder 40 C.-C. Flüssigkeit durch ein trockenes Filter ab, bestimmt darin den Stickstoff (mit unterbromigsaurem Natron, S. Fresenius, Zeitschr. f. analyt. Chemie. 1870, S. 225) und berechnet darnach den Verlust Stickstoff, den die ganze Menge (200 C.-C.) Flüssigkeit bei Berührung mit 100 Grm. Feinerde erlitten hat.

Diese Zahl, die Menge Stickstoff in C.-C. angegeben, welche 100 Grm. Erde in Form von Ammoniak absorbirt haben, nennt man die Absorptionsgrösse.

Hat man es nicht mit sedimentären, sondern mit Verwitterungs-Boden zu thun, so müssen, da die Körner und Brocken letzterer sehr zerklüftet sind und auch mehr oder weniger absorbiren, zwei Bestimmungen vorgenommen werden, die eine mit der Feinerde, die zweite mit dem Rückstand, der auf dem Feinsiebe zurückbleibt.

5. Die Untersuchung des Bodens (mechanische und chemische Analyse).

Zur Zeit, als man überhaupt anfing, Agriculturchemie zu betreiben, wurde die Analyse des Bodens, speciell die chemische Bodenanalyse in ihrem Werth für die praktische Landwirthschaft weit überschätzt. Man analysirte flott darauf los, ohne sich viel um die Form, in welcher die Bestandtheile im Boden sich befinden, zu kümmern. Der Rückschlag blieb nicht aus und es ist noch gar nicht so lange her, dass von hervorragenden Agriculturchemikern der Werth der Bodenanalysen gänzlich negirt wurde. Die Gegenwart lenkt in die rechte Mitte ein und weist der Analyse für die Beurtheilung des Reichthumes und der Fruchtbarkeit eines Bodens jene Giltigkeit zu, die sie ganz besonders seit der Zeit mit Recht beanspruchen darf, als man der mechanischen Untersuchung grössere Bedeutung einräumte und die mechanisch-physikalische Prüfung mit der chemischen in causalen Zusammenhang brachte. Freilich gibt es gerade auf dem Gebiete der Bodenanalyse noch viel Gelegenheit zu eingehenden Studien, besonders zur Vereinfachung der bisher

eingehaltenen Methoden, noch sind die physikalischen Eigenschaften in ihrem Zusammenhang und ihrer Abhängigkeit von den chemischen Constituenten des Bodens sehr mangelhaft erforscht, noch vermag man die einzelnen Bodenbestandtheile rücksichtlich des Grades ihrer Disponibilität für die Pflanzen nicht scharf zu trennen, noch kennt man nicht genau die Art der Verbindung, in welcher die organischen Substrate des Bodens zu den anorganischen stehen, — aber trotz alledem ist die Boden-Analyse ein geradezu unentbehrliches Hilfsmittel für die Werthbestimmung eines Bodens, wenn man die Tragweite der Methoden und Ziffern richtig zu deuten versteht und nicht mehr von ihr verlangt, als sie leisten kann.

a. Die mechanische Analyse.[1])

Die Ackererde besteht aus gröberen und feineren Gesteinspartikeln, welche keineswegs gleichwerthig sind. Die feinsten Bestandtheile sind die Hauptträger der für die Vegetation in Betracht kommenden physikalischen und chemischen Eigenschaften, der grössere oder geringere Gehalt an Feinerde gegenüber den gröberen Bestandtheilen, dem Bodenskelett, ist daher für den Werth eines Bodens bestimmend. Zur Trennung der Feinerde von dem Bodenskelett bedient man sich des Schlämmens oder des Siebens oder vereinigt beides. Die gebräuchlichen Schlämmapparate kann man mit Knop eintheilen in Sedimentir- und Spülapparate. Bei ersteren ruht das Wasser und die einzelnen Erdpartien setzen sich je nach ihrem specifischen Gewicht rascher oder langsamer zu Boden, bei letzteren ist das Wasser in Bewegung und spült die specifisch leichteren Theile weiter als die specifisch schwereren.

F. Schulze, welcher zuerst einen entsprechenden Schlämmapparat construirte, wendete hydraulischen Druck und konische Schlämmbehälter an, Beningsen-Förder wählte zu dem Schlämmraum einen Cylinder mit vier seitlichen Oeffnungen zum Abfluss. Nöbel setzte seinen Apparat aus vier conischen Gefässen zusammen, deren volumetrisches Verhältniss untereinander sich verhält wie

$$1^3 = 1 : 2^3 = 8 : 3^3 = 27 : 4^3 = 64.$$

Das erste kleinste Gefäss steht mit dem längeren Arm eines Hebers in Verbindung, dessen kürzerer Arm in ein erhöht stehendes grosses, mit Wasser gefülltes Gefäss taucht. Der Abfluss ist

1) Die sich für die Details der mechanischen Analyse Interessirenden verweise ich auf: v. Gohren, Anleitung zu chemischen Untersuchungen mit besonderer Beziehung auf Landwirthschaft und landwirthschaftliche Industrie. Leipzig, C. L. Hirschfeld; Wolff, Anleitung zu chemischen Untersuchungen. Berlin, und Knop, die Bonitirung der Ackererde. Leipzig, H. Hässel.

so zu reguliren, dass in 40 Minuten 9 Liter Wasser den Apparat passiren. Von der zu prüfenden Erde, die man vorher mittelst Sieben von den Steinchen befreit hat, bringt man 30 Grm. in den zweiten Trichter, füllt sämmtliche Behälter mit Wasser und lässt nun das Wasser durchziehen. Die einzelnen Feinheitsgrade können nach den Nummern der Schlämmtrichter oder auch durch folgende Benennungen unterschieden werden:

Inhalt Nr. 1. kleine Gebirgstrümmer, Steinchen u. s. w.,
„ „ 2. grober Sand,
„ „ 3. feiner Sand,
„ „ 4. thoniger Sand,
„ „ 5. feinste (thonige) Substanz.

Da das Resultat sehr different ist je nach der Geschwindigkeit des Wassers und die conische Form in dieser Beziehung keine Gleichmässigkeit gestattet, verbesserte Schöne den Schlämmapparat durch Verbindung des conischen mit dem cylindrischen Schlämmraum und Anwendung eines „Piëzometers", welcher die Druckhöhen angibt, unter denen das Wasser ausströmt. Der Schöne'sche Apparat gestattet wohl genaue Trennung der Gemengtheile des Bodens nach der Feinheit des Kornes, jedoch erfordert die ganze Operation sehr viel Zeit.

Knop wendet als Sedimentirapparat einen Glascylinder mit vier Tubulaturen an. Die unterste Tubulatur soll so hoch über dem Boden stehen, dass sie frei bleibt, wenn man 50 Grm. Erde in den Cylinder gibt; die anderen Tubulaturen sind in Entfernungen von je 1 Decimeter angebracht. Bei der Ausführung rührt man 50 Grm. Erde in einer Schale mit Wasser an und lässt einen Tag lang stehen, darauf bringt man den Inhalt auf ein feinstes Messingdrahtsieb, wäscht mittelst eines Borstenpinsels die Feinerde aus, füllt das trübe Wasser in den Schlämmcylinder und gibt Wasser bis zu einer Höhe von 1 Decimeter über dem obersten Hahn zu. Nach Umschütteln lässt man von 5 zu 5 Minuten das trübe Wasser aus den 3 oberen Tubulaturen ausfliessen. Das gesammelte feinste Pulver der Erde bezeichnet man als Staub, den Rückstand, der beim Schlämmen im Cylinder bleibt, als Feinsand. Den trockenen Rückstand auf dem Feinsiebe zerlegt man darauf mit einem gröberen Siebe in Kiese und Grobsand. Die Kiese mit Hilfe von drei Durchschlägen in dreierlei Unterabtheilungen: Feinkies, vom Korn des Rübsamens, Mittelkies, vom Korn des Coriandersamens, und Grobkies, vom Kaliber der Erbse. Alles Gröbere sondert man als grobes Gestein aus. Für Zwecke eingehenderer Bonitirung wendet Knop das Schlämmen nicht an, sondern benutzt lediglich Siebe verschiedener Feinheit.

Die beste Methode, die einzelnen Bodenbestandtheile von einander zu trennen, dürfte aber die mechanisch-chemische Schlösings sein. Man versetzt die in Wasser suspendirte Feinerde mit Salpetersäure bis zur schwach saueren Reaction, behandelt das Gemenge von Thon und staubfeinem Sand oder Gestein so lange mit Wasser, bis der Thon seine colloidale Beschaffenheit wieder erlangt hat, hierauf digerirt man die vom Filter heruntergenommene Mischung eine Stunde lang mit Ammoniak, lässt 24 Stunden stehen und decantirt sodann den in der Flüssigkeit suspendirten Thon vom Sandstaub und Grandstaub, welcher für sich getrocknet und gewogen wird. Die abgegossene Flüssigkeit, welche Thon, Humus, Eisenoxyd und Thonerde enthält, wird abermals mit verdünnter Salpetersäure (oder Chlorammonium) versetzt, wodurch der Thon „coagulirt" und niederfällt. Man decantirt nach dem Absetzen und wägt nach wiederholtem Auswaschen und Trocknen den zurückbleibenden Thon.

Bei all diesen Bestimmungen soll zur besseren Informirung das Mikroskop fleissig benutzt werden.

Um die mechanischen Bestandtheile zu veranschaulichen, empfiehlt sich die Anfertigung von Bodenkarten. Zu dem Ende schneidet man in gerader verticaler Linie und in gleichem Abstand von einander 6 rechteckige Felder von 2—3 Finger Breite in Blech aus. Man legt diese Schablonen auf ein Blatt starkes Papier und bestreicht die Felder mit Leim, übersiebt das oberste mit der Feinerde, das zweite mit der geglühten Feinerde, das dritte mit dem Sand, das vierte mit Feinkies, das fünfte mit Mittelkies und klebt endlich auf das sechste eine Anzahl Körner des Grobkieses auf.

b. Die chemische Analyse.

Es kann unmöglich die Aufgabe dieses Buches sein, eingehend die verschiedenen Methoden der chemischen Analyse des Bodens zu besprechen. Bezüglich der Details der chemischen Bodenanalyse verweise ich auf die oben in der Anmerkung angegebenen Werke. Hier handelt es sich nur um die Hauptgesichtspunkte und die allgemeinsten Umrisse des Verfahrens. Die chemischen Bestandtheile des Bodens treten in zwei Formen auf, sie sind entweder für die Pflanzen sofort disponibel und assimilirbar oder sie sind noch in einer für die Pflanzen unzugänglichen, wenigstens nicht sofort verwerthbaren Form. Für den Landwirth ist die Kenntniss der erst genannten Gruppe von Bestandtheilen von höherem Werth, denn er will wissen, welches Boden-Betriebs-Capital ihm für seine Culturpflanzen sofort zur Verfügung steht und erst in zweiter Linie interessirt ihn der in künftigen Zeiten flüssig werdende Vorrath. Leider gestatten die bisherigen Untersuchungsmethoden (Ausziehen mit kalter Salzsäure, mit Essigsäure, mit kohlensäurehaltigem oder

reinem Wasser) nicht die beiden Gruppen scharf zu trennen. Aber gewonnen hat man für die Vergleichbarkeit der einzelnen Analysen doch wesentlich in sofern, als die Agriculturchemiker jetzt nicht wie früher die Gesammterde, sondern nur die Feinerde der chemischen Analyse unterziehen und als auf die Gewinnung einer ordentlichen Durchschnittsprobe grössere Sorgfalt verwendet wird. Selten wohl wird ein Landwirth in die Lage kommen, selbst eine chemische Bodenanalyse vorzunehmen, öfter aber wird er Veranlassung haben, Erdproben seinen Feldern zum Zweck einer chemischen Analyse zu entnehmen und deshalb möge kurz bemerkt sein, wie er bei der Probeentnahme vorzugehen hat. Es muss dabei alle erforderliche Vorsicht beobachtet werden, je nachdem man von einer grösseren Fläche des Feldes eine mittlere Probe sich verschaffen oder nur von einer einzigen Stelle, wo vielleicht besondere Erscheinungen in dem Wachsthum der Pflanzen sich darbieten, den Boden einer Untersuchung unterwerfen will, — je nachdem man die Ackerkrume oder den Untergrund bis zu einer grösseren oder geringeren Tiefe hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit zu prüfen beabsichtigt.

Man lässt ein viereckiges Loch von etwa 30—50 Centimeter im Quadrat mit senkrechten Seitenwänden und möglichst horizontaler Bodenfläche graben und nimmt sodann von der einen Seitenwand einen senkrechten, überall gleichmächtigen Abstich als Bodenprobe. Es muss die Tiefe angegeben werden, bis zu welcher der senkrechte Abstich gemacht worden ist. Im Allgemeinen genügen zu einer vollständigen Untersuchung des Bodens 5 Kilogr. Erde. Möglichst sorgfältige Angaben sind zu sammeln über den geognostischen Ursprung des Bodens; die Beschaffenheit der tieferen Schichten, wenigstens bis zu einer Tiefe von $1^1/_2$ bis 2 Meter; die klimatischen Verhältnisse nach allgemeiner Erfahrung, wenn nicht sorgfältige und langjährige Beobachtungen vorliegen; die Seehöhe des Feldes; die Art der Bestellung und Fruchtfolge in den vorhergehenden Jahren; die Menge und Art der stattgehabten Düngung; die in den zunächst vorausgehenden Jahren wirklich erzielten Ernteerträge und womöglich auch die Durchschnittserträge des betreffenden Feldes bei dem Anbau der wichtigeren Culturpflanzen.

Bei der eigentlichen chemischen Analyse lässt man, wie schon erwähnt, successive verschieden kräftig wirkende Lösungsmittel auf den Boden einwirken und zwar a. kaltes destillirtes Wasser, bis zu $^1/_4$ mit reiner Kohlensäure gesättigt; b. verdünnte Essigsäure (H. v. Liebig); c. kalte concentrirte Salzsäure von 1,15 specifischem Gew.; d. kochende concentrirte Salzsäure von gleichem Gehalt; e. heisse concentrirte Schwefelsäure; f. Fluorwasserstoffsäure.

Ausser diesen Auszügen werden noch folgende einzelne Bestandtheile des Bodens quantitativ untersucht: 1. Das hygroskopisch und mechanisch absorbirte Wasser; 2. Der Gesammt-Glühverlust; 3. Der Kohlenstoff in organischer Verbindung — wasserfreier Humus — chemisch gebundenes Wasser; 4. Die Kohlensäure; 5. Die Gesammtmenge des Stickstoffs; 6. Die Menge des fertig gebildet vorhandenen Ammoniaks; 7. Die Salpetersäure; 8. Das Chlor; 9. Die Gesammtmenge des Schwefels und der Schwefelsäure; 10. Die Gesammtmenge des vorhandenen Eisenoxydhydrates und Eisenoxyduls. Es ist einleuchtend, dass alle diese Bestimmungen viel Zeit erfordern und nur von Fachchemikern zu wissenschaftlichen Zwecken in dieser Ausdehnung vorgenommen werden können. Gelingt es, einfachere Methoden für die Beurtheilung der chemischen Potenz des Bodens zu finden, so wäre damit für die praktische Verwerthung der Bodenanalyse viel gewonnen.

Auch auf diesem Gebiete verdanken wir W. Knop die Initiative. Soll die chemische Analyse der Ackerde Nutzen haben, so, meint er mit Recht, ist nothwendig, die Fragen nach den Nährstoffen, seien diese flüssige (in der Bodenflüssigkeit gelöste) oder feste (von der Feinerde absorbirte), von der Frage nach dem Vorrathsmagazin und der Wohnung der Pflanzen zu trennen. Und da die wichtigsten physikalischen Eigenschaften einer Ackererde an der Feinerde haften, so muss diese quantitativ genau untersucht werden, aber in der Weise, dass die Analyse die Frage beantwortet: wie weit nehmen an der Mischung der Feinerde Kieselsubstanz und Silicate, die Carbonate der Kalkerde und Talkerde und in besonderen Fällen die Sulphate der Kalkerde und, hätte man es zufällig mit einem Salzboden zu thun, noch Chloride als schädliche Bestandtheile, sowie endlich Wassergehalt und Humus Theil? Es muss ferner mit Rücksicht auf die Absorption bestimmt werden, ob die Silicate zum grösseren Theil Sesquioxydsilicate (thongebende) oder Monoxydsilicate und ob beide gut oder schlecht verwittert sind. Von den absorbirten Mineralbasen und Mineralsäuren wird abgesehen, da deren Menge selbst in der fruchtbarsten, vollgedüngten Erde kaum 1 Procent beträgt. Das Schema, welches Knop mit Rücksicht auf vorstehende Momente für die chemischen Glieder der Feinerde aufgestellt hat, ist folgendes:

In 100 Gewichtstheilen Feinerde:

I. Glühverlust . . . . . { a. Hygroskopisches Wasser. b. Gebundenes Wasser. c. Humus.

$$\frac{100 - (a + b + c) \cdot \text{Feinboden}}{100.}$$

Mechanische und chemische Zusammensetzung verschiedener Ackererden. Untersucht nach W. Knop's Methode.

	Aberkannt unfruchtbare Erde (sandiger Absatz d. Flusses Sille). Schechau.	Quarzsanderde. W. Knop.	Wenig verwitterter Grauwacken-Kalk. W. Knop.	Vorzüglicher Kaolin. W. Knop.	Löss vom Rhein. Semsch und W. Knop.	Tertiärboden von Wittingau. Hanamann und Kaurimsky.	Sandiger Lehmboden mit kiesigem Untergrund. W. Knop.	Guter Weizen- und Kleeboden (Steinkohlenformation.) Biedermann.	Gneisboden (Böhmen). Hanamann und Kaurimsky.	Waldboden (fleischrother verwitterter Thonstein, Porphyrtuff). W. Knop.	Gneisverwitterungserde (Sachsen). Biedermann.	Planersandboden. Hanamann und Kaurimsky.	Schlamm aus einem Fischteich. Semsch.	Planerkalksandboden. Hanamann und Kaurimsky.	Quadermergel. Hanamann und Kaurimsky.	Lössboden von Lobositz (Untergrund). Hanamann und Kaurimsky.	Russische Schwarzerde. W. Knop.	Lössboden von Lobositz (Obergrund). Hanamann und Kaurimsky.	Thonschieferverwitterungserde. W. Knop.	Vorzügl. Weizen- u. Kleeboden (Mattstedt b. Apolda). Biedermann.	Diluvialboden. Hanamann und Kaurimsky.	Rothliegendes. Hanamann und Kaurimsky.	Guter böhmischer Weizenboden. Semsch.	Alluvialboden. Hanamann und Kaurimsky.	Völlig unfruchtbarer u. humusloser Serpentinboden von Kossen in Sachsen. Biedermann.	Alluvialboden (Schelechovitz). Hanamann und Kaurimsky.	Basaltboden. Hanamann und Kaurimsky.	Nilsabsatz. W. Knop.
In 100 Gewichtstheilen der bei 100° getrockneten Erde sind enthalten:																											
Skelett: Steinchen	—	—	—	—	—	1,15	—	—	9,87	—	—	11,25	—	13,15	12,78	1,43	—	1,95	—	—	1,12	2,20	—	1,27	—	0,27	7,24	—
Skelett: Grobsand	—	—	—	—	—	5,20	—	—	7,81	—	—	5,69	—	5,20	3,96	3,65	—	2,15	—	—	1,85	4,07	—	2,03	—	0,44	2,98	—
Skelett: Feinsand	—	—	—	—	—	33,10	—	—	35,44	—	—	11,80	—	14,33	5,88	4,79	—	4,94	—	—	3,57	10,73	—	4,15	—	0,76	4,40	—
Feinerde: Feinster Sand	—	—	—	—	—	56,34	—	—	32,20	—	—	57,96	—	58,08	71,60	63,27	—	70,87	—	—	76,23	69,79	—	54,36	—	41,83	59,91	—
Feinerde: Thon	—	—	—	—	—	4,12	—	—	11,08	—	—	12,94	—	7,09	5,27	12,20	—	18,33	—	—	15,66	12,40	—	27,51	—	35,07	22,23	—
Feinerde: Kalk- u. Talkcarbonat	—	—	—	—	—	0,09	—	—	0,60	—	—	0,36	—	2,15	0,51	14,66	—	1,76	—	—	1,57	0,81	—	10,68	—	21,63	3,24	—
						100,00			100,00			100,00		100,00	100,00	100,00		100,00			100,00	100,00		100,00		100,00	100,00	
In 100 Gewichtstheilen lufttrockener Feinerde sind enthalten:																											
Hygroskopisches Wasser	0,79	1,20	1,50	1,50	0,78	0,84	1,38	1,80	0,26	1,40	3,12	1,57	3,91	1,75	1,84	1,78	6,80	2,72	5,80	3,91	2,52	2,40	4,06	3,21	0,40	4,03	4,37	5,70
Gebundenes Wasser	0,24	0,50	0,10	5,00	3,09	2,04	1,52	3,47	4,08	0,60	4,54	2,40	2,27	2,28	1,80	3,02	1,00	4,03	2,00	4,74	4,75	4,92	7,81	8,31	12,43	8,64	5,72	7,63
Humus	0,93	2,10	2,40	0,00	0,16	1,24	1,41	1,35	1,06	1,20	3,82	1,27	12,81	1,34	1,86	0,08	6,80	1,65	6,20	1,75	1,96	1,44	1,92	2,25	0,77	2,13	1,71	1,17
Glühverlust	1,96	3,80	4,00	6,50	4,03	4,12	4,31	6,62	5,40	3,20	11,48	5,24	18,99	5,37	5,50	4,88	14,60	8,40	14,00	10,40	9,23	8,76	13,79	13,77	13,60	14,80	11,80	14,50
Feinboden	98,04	96,20	96,00	93,50	95,97	95,88	95,69	93,38	94,60	96,80	88,52	94,76	81,01	94,63	94,50	95,12	85,40	91,60	86,00	89,60	90,77	91,24	86,21	86,23	86,40	85,20	88,20	85,50
In 100 Gewichtstheilen Feinboden sind enthalten:																												
Chlor	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,01	—	Spur	0,02	—	—	Spur	—	—	0,06	Spur	—	0,04	—	0,06	0,06	—
Sulphate (Gyps)	—	—	—	—	—	—	—	—	Spur	—	—	Spur	—	—	Spur	Spur	0,10	0,04	—	—	Spur	0,08	—	0,07	—	0,28	Spur	1,30
Kalkcarbonat	0,05	0,30	0,06	0,00	26,10	0,13	0,52	0,00	0,69	0,04	0,69	0,49	2,90	1,87	0,65	15,15	4,90	1,78	0,60	1,16	1,86	1,01	18,98	10,69	1,20	23,23	3,27	4,00
Talkcarbonat	0,00	0,10	0,04	0,00	3,84	Spur	0,10	0,69	0,43	0,12	0,66	Spur	0,30	0,38	Spur	1,68	0,40	0,16	0,80	0,91	Spur	0,06	0,72	2,48		1,45	0,64	0,28
Summe der Carbonate	0,05	0,40	0,10	Spur	29,94	0,13	0,62	0,69	1,12	0,16	1,35	0,49	3,20	2,25	0,65	16,83	5,30	1,94	1,40	2,07	1,86	1,07	19,70	13,17	1,20	24,68	3,91	4,28
Kieselsäure	92,18	95,30	79,90	65,00	57,00	89,15	91,35	82,17	80,63	87,10	72,45	84,87	78,67	79,36	80,47	64,54	79,30	76,14	69,30	68,32	76,47	77,65	63,57	55,46	46,00	46,82	61,91	57,00
Kieselsäure und Basen der Silicate: Thonerde	6,26	3,50	16,40	33,50	12,65	5,37	7,21	14,06	11,70	9,00	20,79	9,48	17,23	9,94	11,73	9,76	14,00	12,32	28,00	22,99	13,21	11,72	16,61	14,92	19,60	11,76	16,66	35,20
Kieselsäure und Basen der Silicate: Eisenoxyd						3,22			3,72			3,18		4,71	4,77	5,18		5,05			6,26	6,57		8,52		7,95	10,43	
Kieselsäure und Basen der Silicate: Calciumoxyd						0,49			0,14			0,67		1,94	0,84	0,98		1,32			0,25	0,94		3,74		4,90	2,81	
Kieselsäure und Basen der Silicate: Magnesia	1,51	0,80	3,60	1,50	0,41	0,75	0,82	3,08	0,23	3,70	5,41	0,41	0,90	0,67	0,51	0,53	1,30	1,15	1,30	6,62	0,66	0,84	0,12	1,18	33,20	1,23	1,78	2,22
Kieselsäure und Basen der Silicate: Natron						0,89			0,45			0,89		1,13	1,01	2,18		2,04			1,23	1,13		0,48		2,32	0,65	
Kieselsäure und Basen der Silicate: Kali									2,01															2,42			1,80	
Summa der Kieselsäure und Silicatbasen	99,95	99,60	99,90	100,00	70,06	99,87	99,38	99,31	98,88	99,84	98,65	99,50	96,80	97,75	99,33	83,17	94,60	98,02	98,60	97,93	98,08	98,85	80,30	86,72	98,80	74,98	96,04	94,42
Kieselsäure-Thon	97,31	97,80	97,90	96,20	62,66	97,62	96,61	94,50	93,53	95,10	91,77	92,02	74,28	92,89	90,01	72,23	85,50	84,21	87,10	89,94	86,92	88,28	66,58	70,23	72,00	60,24	79,29	81,00
Aufgeschlossene Basen	2,64	1,80	2,00	3,80	7,40	2,25	2,77	4,81	5,35	4,74	6,88	7,48	22,51	4,86	9,32	10,94	9,20	13,81	11,50	7,99	11,16	10,57	13,72	16,49	26,80	14,74	16,75	13,42
Absorption der Feinerde	**1**	**8**	**8**	**22**	**24**	**30**	**31**	**36**	**46**	**46**	**49**	**60**	**66**	**67**	**72**	**75**	**75**	**78**	**78**	**80**	**80**	**84**	**88**	**98**	**104**	**112**	**118**	**135**

In 100 Gewichtstheilen Feinerde sind ferner enthalten:

II.	Sesquioxydhydrate und Sesquioxyde	{ von Aluminium. von Eisen.
III.	Wasserhältige Silicate . .	Zeolithartige Verbindungen etc.

100 Gewichtstheile Feinboden (wasserfrei berechnet) enthalten:

IV.	Sulphate	d. von Kalkerde.
V.	Carbonate	{ c. von Kalkerde. d. von Talkerde.
VI.	Silicat	{ g. Kieselsäure. h. Sesquioxyde. i. Monoxyde.
	Summe der Silicate	S = (g + h + i).
VII.	Kieselsäure-Thon . . .	k.
	Aufgeschlossene Basen folglich .	(S — k) = l.
VIII.	Feinkorn	m.

Nach diesem Schema sind die Analysen in beistehender Tabelle zusammengestellt.

V. Reichthum und „Kraft“ des Bodens. Werthschätzung. (Bonitirung.)

Die Gesammtsumme aller Bestandtheile in der Ackerkrume bedingt den Reichthum, die Menge dieser Bodenbestandtheile in einer für die Pflanzenwurzeln aufnehmbaren Form die „Kraft“ des Bodens.

Der Reichthum eines Bodens wird demnach auch immer auf dessen Fruchtbarkeit von Einfluss sein, also auch bei seiner Beurtheilung in Frage kommen; denn er repräsentirt gleichsam das Stammcapital an Pflanzennahrungsmitteln im Boden. Den Reichthum des Bodens kann man nur durch eine quantitative chemische Analyse bestimmen. Aus der mitgetheilten Zusammenstellung (siehe die Tab.) verschiedener derartiger Analysen ist der Reichthum der betreffenden Bodenarten ersichtlich.

Die „Kraft“ des Bodens bildet den in Umlauf befindlichen Theil des Stammcapitals an Pflanzennahrungsmitteln. Wenn auch der „Kraft“zustand immerhin von sehr grosser Bedeutung für die Frucht-

barkeit des Bodens bleibt, so kann er doch allein eben so wenig wie der Reichthum des Bodens allein schon einen unbedingten Schluss auf des letzteren grössere oder geringere Fruchtbarkeit zulassen, indem bezüglich dieser noch viele andere Einflüsse zu berücksichtigen sind. Die „Kraft" des Bodens lässt sich bestimmen:

1. Durch vergleichende Düngungsversuche, indem man annehmen kann, dass die Bestandtheile jenes Düngemittels, welches den besten Erfolg hat, im Boden fehlten. Dieser Weg ist zwar ein sehr langsam, aber sicher zum Ziele führender, denn man erfährt dabei, ob die durch den Dünger gebotene Boden„kraft" der Pflanze unter den gegebenen Umständen in der That zu Gute kommt, die Pflanze beantwortet selber die Frage, was ihr im Boden gemangelt hat.

2. Aus dem Gedeihen oder Nichtgedeihen von Pflanzen unter sonst für sie günstigen Verhältnissen. Daher lässt sich auch aus dem mehr oder minder üppigen Wachsthum „bodenbeständiger" Pflanzen, welche dauernd auf einem Boden vorkommen, ein in vielen Fällen für die Praxis genügendes Urtheil über den „Kraft"zustand solchen Bodens fällen; denn eine Pflanze kann sich nur da üppig entwickeln, wo unter sonst günstigen Umständen alle zu ihrer Ernährung nöthigen Stoffe in ausreichender Menge und Form vorhanden sind.

3. Durch die directe Untersuchung und Bestimmung der in Wasser löslichen Bodenbestandtheile, also mittelst eines wässrigen Auszuges der Erde, jedoch, wie früher schon erörtert, immer nur sehr annähernd.[1])

Begreiflich führten die eben erörterten Begriffe von Reichthum und „Kraft" des Bodens in der Praxis zu verschiedenartigen Bezeichnungen; der Praktiker nennt:

Arm, unfruchtbar oder steril jene Bodenarten, welche in Folge ihrer geringen Menge an nöthigen Pflanzennahrungsmitteln nur mit Hilfe von in grossen Mengen zugeführten Düngemitteln einigen Ertrag liefern. Solche Böden kennzeichnen sich durch gänzliche oder theilweise Verödung oder durch eine sehr kümmerliche Vegetation.

Dürftig und mager den etwas besseren Boden, der aber immer noch eine bedeutende Menge von künstlich zugeführten Pflanzennahrungsmitteln bedarf.

Fruchtbar oder kräftig den Boden, der auch ohne Nachhilfe durch einige Jahre einen angemessenen Ertrag liefern kann.

Sehr kräftig und reich endlich jenen Boden, der ohne Ersatz an Pflanzennahrungsmitteln die besten Ernten liefert, wie

1) Vergl. Fr. Schulze in Landw. Vers.-Stat. VI. S. 409.

z. B. die Tschernojzem in Russland und viele Gegenden an der Theiss in Ungarn; doch ist solcher Boden immer als eine seltene Ausnahme zu betrachten.

Hervorgehoben muss werden, dass man Boden„kraft" und Bodenreichthum nicht mit der Bodenfruchtbarkeit verwechseln darf. Diese letztere beruht ausser auf einem bestimmten Nährstoffgehalt und auf dem Zustande dieser Nährstoffe im Boden (grössere oder geringere Löslichkeit, Form derselben u. s. w.), überhaupt auf allen oben abgehandelten chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens. Der Begriff Bodenfruchtbarkeit ist demnach ein Collectivbegriff und findet seinen Maassstab in dem Bodenertrage.

Der Bodenertrag ist der naturgemässeste Werthmesser für den Boden. Der Bodenwerth, die Güte des Bodens, die „Bonität" ist zu verschiedenen Zeiten und von den verschiedenen Autoren von sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus beurtheilt worden, bald waren es die mechanischen Gemengtheile, bald die Hauptfrüchte, bald der Reinertrag, bald die wildwachsenden Pflanzen, bald die chemischen Eigenschaften (Absorptionsverhältnisse), die man der Methode der Bonitirung zu Grunde legte. Bis heute sind alle Versuche, eine unanfechtbare Basis zu gewinnen, mangelhaft geblieben, es wirken eben zu viele Factoren auf den Bodenertrag ein, die sich mit der Zeit ändern: Cultur, Intelligenz, Preis der Arbeit, des Capitals, der verschiedenen landwirthschaftlichen Producte u. s. w. „Es ist speciell die Kenntniss der gegenseitigen naturgesetzlichen Beziehungen in ihrer Totalität, welche hier nicht entbehrt werden kann, und wir würden in dem Verständniss dieser Verhältnisse viel weiter sein, wenn nicht vielfach und lückenhaft dies und jenes für die Untersuchung herausgegriffen wäre, ohne die richtige Disposition und ohne den grossen Zusammenhang einheitlich dabei zu berücksichtigen." (Orth.) Die Methode der Bonitirung soll uns lehren, inwiefern der eine Boden von Natur fähiger ist als der andere, unter Hinzuziehung aller Hilfsmittel der mechanischen Bearbeitung, Düngung und Fruchtfolge, hohe Ernteerträge zu liefern.

Demgemäss muss man die constanten oder wenig veränderlichen Factoren des Bodenwerthes trennen von den veränderlichen. Zu ersteren gehören die geologischen Grundlagen und das Klima. Das Klima ändert sich auf grossen Flächen wenig. Die geologischen Profile mit den durch sie, sowie durch die Boden- und Terrainconfiguration, bedingten Feuchtigkeitsverhältnissen haben auf die Cultur sowie die Möglichkeit des Culturfortschrittes und der Bodenmelioration den allerentscheidendsten Ein-

fluss. Der Mensch hat auf diese der Gegenwart überlieferten constanten (untereinander allerdings sehr verschiedenen) Factoren des Bodenwerthes, abgesehen von Entwässerung und Bewässerung, meist keine oder eine verhältnissmässig geringe Einwirkung und er hat hier mit denjenigen gegebenen Grössen zu rechnen, wie sie die Natur bietet. (Orth.) Aus diesen Momenten resultirt die Wichtigkeit der Agricultur-Geognosie und der geognostisch-agronomischen Kartirung.[1])

Die veränderlichen Factoren des Bodenwerthes sind in ihren Resultaten abhängig und mehr oder weniger bedingt von den constanten, es sind diejenigen, welche der Mensch mehr oder weniger zu beherrschen vermag und bei deren Benutzung und Kräftigung die Tüchtigkeit, die Energie und Intelligenz des Landwirthes ganz besonders in Frage kommt; die aber nur dann — wie schon erwähnt — voll zur Geltung gebracht werden können, wenn die durch die Natur gebotenen Bodengrundlagen genau bekannt und durchforscht sein werden. Leider ist aber dies gerade das vernachlässigtste Gebiet unserer Landwirthschafts-Wissenschaft, trotzdem, um Orth's Worte zu citiren, „in der Landwirthschaft und Forstwirthschaft kein wichtigeres Capitel als dasjenige existirt, welches vom Grund und Boden handelt, worauf sich die Wirthschaft überhaupt bezieht, trotzdem es unleugbar ist, dass die Lücken, welche in der Kenntniss und Beurtheilung der Bodengrundlagen vorhanden sind, zu den schlimmsten gehören, welche in der Wissenschaft und im practischen Betriebe vorkommen können, trotzdem die Ausfüllung dieser Kluft, das Eintreten in die Bresche, die Ueberwindung der auf diesem Gebiete so häufig vorhandenen Indifferenz und Gleichgiltigkeit zu den wichtigsten Aufgaben der Zeit und des Wirthschaftslebens der Nation gehört, von welchem die Land- und Forstwirthschaft den bedeutendsten Theil ausmacht und stets ausmachen wird".

---

1) Ueber die Methode bei geognostisch-agronomischen Kartirungen vergleiche man Lorenz, Grundsätze für die Aufnahme und Darstellung von landwirthschaftlichen Bodenkarten. Wien 1868. — Orth, die geognostisch-agronomische Kartirung. Berlin 1874. — VI. Jahresbericht der landw. Lehranstalt Francisco-Josephinum in Mödling. Wien 1875. (Aufsatz von Prof. Langer über landwirthschaftliche Bodenkarten.)

Die Atmosphäre.[1])

„Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder
Zur Erde muss es,
Ewig wechselnd". —
Goethe.

I. Eigenschaften und Zusammensetzung der Luft. (Atmosphärologie.)

Unsere Erdkugel ist von einem Luftoceane eingehüllt. Diese Lufthülle wird durch die Schwerkraft an die Erde angedrückt und desshalb führt sie mit der Erde die der letzteren eigenthümliche rotirende und zugleich auf der Erdbahn fortschreitende Bewegung aus. Die Schwerkraft wirkt hier auf ein Medium, das im hohen Grade elastisch ist, demgmäss kann dasselbe, da der Druck mit der Höhe der aufliegenden Luftsäule wächst, nicht überall gleiche Dichte zeigen. Die unmittelbar auf dem Erdboden aufliegenden Luftschichten erscheinen am meisten gedrückt und haben desshalb die grösste Dichte.

Ueber die Höhe der Atmosphäre gehen die Ansichten der Physiker weit auseinander, einige setzen die Luftgrenze in eine Höhe von 8, andere von 27 geographischen Meilen, wieder andere behaupten, die Luft breite sich in äusserst verdünntem Zustande im ganzen Weltraume aus, sie habe also gar keine Grenze. Ein genaues Studium des Verhaltens der Gase unter sehr geringem Drucke wird hier noch am ehesten Klarheit bringen. Die atmosphärischen Erscheinungen, die die Meteorologie in den Kreis der Besprechung zieht, spielen sich in Höhen von 2—3 Meilen ab.

Einen mächtigen Einfluss auf die Beschaffenheit der Atmosphäre übt die Sonne aus. Etwa $^1/_4$ der einfallenden Wärmestrahlen wird direct aufgenommen (absorbirt), der grösste Theil der Luftwärme der unteren Schichten rührt jedoch von einer indirecten Wärme-

1) Von Prof. Th. Langer.

quelle her, von dem durch die Sonne erhitzten Erdboden, der Wärme an die Luft ausstrahlt. Es bildet sich somit eine Abnahme der Lufttemperatur von unten nach oben heraus, die durch die in höheren Luftschichten erfolgende Condensation des Wasserdampfes etwas verlangsamt wird. Für je 100 Meter Erhebung sinkt die Temperatur durchschnittlich um 0,5—0,6 ° C.

Uebrigens darf nicht vergessen werden, dass die Verdichtung der tiefer liegenden Luftschichten in Folge der Action der Schwerkraft für sich allein schon eine Temperaturabnahme in der Luft von unten nach oben bedingen musste, die nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie zu 1 ° C. für je 100 Meter gefunden wird[1]), vorausgesetzt, dass die Luft keinen Wasserdampf enthielte, der durch die bei seiner Condensation frei werdende Wärme modificirend einwirkt, und die Sonne nicht Wärme der Luft spendete. Eben wegen der beiden letztgenannten Einflüsse wird die Temperatursabnahme in der Luft von 1 ° C. auf 0,6 — 05, ° C. herabgedrückt.

Die Sonnenwärme bewirkt ferner, dass die Luft in ihren unteren Schichten stets in Bewegung begriffen ist. Die ungleich kräftige Insolation unter verschiedenen Breitegraden verursacht Temperatursdifferenzen und diese Druckdifferenzen, es muss nach dem niedrigeren Luftdrucke hin eine Bewegung der kälteren (dichteren) Luft eintreten; local erwärmte und dadurch dünner gewordene Luft steigt in Folge des Auftriebes der in gleicher Höhe befindlichen, aber kälteren Luft der Umgebung auf, an ihre Stelle drängt sich in horizontaler Richtung die dichtere Luft.

Die in Bewegung versetzte Luft wird während ihrer Wanderung von ihrer Richtung durch die Rotation der Erde abgelenkt, nach dem Buys Ballot'schen Gesetze auf der nördlichen Hemisphäre nach rechts, auf der südlichen nach links.

Die Luft ist ein mechanisches Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf, Kohlensäure, Ammoniak, Wasserstoff und Ozon. Stickstoff und Sauerstoff wiegen bedeutend vor, Ammoniak, Wasserstoff und Ozon finden sich nur in sehr geringen Mengen. Ganz reine Luft, die durch geeignete Mittel von Wasserdampf und Kohlensäure befreit wurde, zeigt folgendes Zusammensetzungsverhältniss: 78,96 Volumprocente Stickstoff und 21,04 Volumprocente Sauerstoff. Trotz der zahlreichen Verbrennungsprocesse, die in der Luft vor sich gehen, trotz des Athmens so vieler Organismen ist der Sauerstoffgehalt der Luft nicht in Ab-

1) Hann's Abhandlung in der Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Bd. X, 1874.

nahme begriffen. Durch den Vegetationsprocess der Pflanzen wird Sauerstoff der Luft zurückgegeben. Andererseits kann der Gehalt der Luft an Kohlensäure nicht merklich steigen, da die Pflanze bei ihrer Ernährung dieses Gas der Luft entnimmt und Sauerstoff aus ihm entbindet.

Frei circulirende Luft zeigt überall, im Thale wie auf Bergen, über dem Aequator und in der Nähe der Pole, über Meer und über Land dieselbe Anzahl Volumprocente Sauerstoff, wenn die der Analyse unterzogene Luft getrocknet und entkohlensäuert angewendet wurde.[1])

Kohlensäuregas kommt in Mengen von 0,025 — 0,042 Volumprocenten in der atmosphärischen Luft vor[2]), in geschlossenen, bewohnten Räumen, ebenso in der Grundluft steigt der Kohlensäuregehalt beträchtlich. In der freien Luft nimmt nach Untersuchungen von Truchot (Naturforscher 1873, Nr. 45) der Gehalt an Kohlensäure mit der Höhe ab, auch Tissandier fand im März 1876 in Höhen von 890—1000 Metern die Luft ärmer an Kohlensäure. Pettenkofer gibt für die Luft von Schlafzimmern in Kasernen, von Hörsälen und Gastwirthschaften 0,3—0,7 Volumprocente Kohlensäure an, woraus die Nothwendigkeit einer zweckmässigen Ventilation erhellt, da 0,1 Volumprocent Kohlensäure in der zu athmenden Luft bereits belästigend wirkt. Die Pflanzen werden nach Untersuchungen von J. Böhm in einer Atmosphäre, die bei unverändertem Sauerstoffgehalte 30 Volumprocente Kohlensäure enthält, in ihrem Wachsthum nachtheilig beeinflusst und sterben ab (Naturforscher 1873, Nr. 50).

Ein nie fehlender Bestandtheil der Atmosphäre ist der Wasserdampf, dessen Menge von der Temperatur des Luftraumes abhängig ist. Zur Sommer- und Tageszeit enthält die Luft mehr Wasserdampf als zur Winters- und Nachtszeit. Ein Sinken der Temperatur unter eine gewisse Grenze (Thaupunkt) hat eine Ausscheidung von Dampf in Form der bekannten Hydrometeore: Thau, Nebel, Wolken, Regen u. s. w. zur Folge.

---

1) Nicht ganz ohne Einfluss auf das Mengungsverhältniss der die Luft zusammensetzenden Gase scheint die Erhebung über den Meeresspiegel zu sein. Miller findet durch genaue Analysen der durch Welsh geschöpften Luft aus Höhen von 13—18000 engl. Fuss eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes mit der Höhe (Philos. Trans. 1853. Welsh: Account of Met. Obs. in four Ballon Ascents). Hann kommt durch theoretische Betrachtungen, für welche das Dalton'sche und Mariotte'sche Gesetz als Grundlage dienen, zu demselben Schlusse (Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Bd. X, 1875, S. 25).

2) Fittbogen findet nach Schluss einer einjährigen Versuchsreihe (1874 bis 1875) als Maximalwerth 0,0417 Proc., als Minimum 0,027 Proc., im Mittel ergibt sich daher aus 347 Einzelbeobachtungen ein Kohlensäuregehalt der Atmosphäre von 0,0334 Proc.

Die Gegenwart des Ammoniaks (im Mittel 0,00212 Volumproc.) ist durch die Zersetzung organischer stickstoffhältiger Körper bedingt, die Kohlensäure und die Stickstoffsäuren der Luft (Salpetersäure und salpetrige Säure) führen es gar bald in den gebundenen Zustand über.

Es ist ferner nach den Untersuchungen von Boussingault Wasserstoff in der Atmosphäre, und zwar fand dieser Forscher 0,0002—0,0008 Gewichtsprocente in der Luft von Paris im April und Mai.

Das Ozon, welches besonders energisch oxydirend wirkt und daher „activer" Sauerstoff genannt wird, findet sich nur in sehr geringen Mengen in der Luft. Auf freiem Felde und im Walde ist die Luft ozonreicher als in nächster Nähe bewohnter Städte. Zur quantitativen Bestimmung des Ozons in der Luft dient das Ozonometer von Schönbein, das auf der Ausscheidung von Jod aus Jodkalium und Bläuung von Stärke basirt. Da es aber ausser Ozon auch noch andere jodausscheidende Factoren in der Luft gibt, so ist der Werth derartiger Bestimmungen, so wichtig diese für Medicin und öffentliche Gesundheitspflege wären, doch ein mehr oder minder problematischer.

Ausser den erwähnten, die Luft zusammensetzenden Gasen sind daselbst in äusserst fein vertheiltem Zustande feste Körper schwebend enthalten, die den sogenannten Luftstaub ausmachen. Derselbe ist theils organischen (Sporen, Pollenkörner, Kohlenstaub etc.), theils anorganischen Ursprunges (Mineral- und Gesteinsreste, Meteorstaub).[1])

II. Die Erscheinungen in der Atmosphäre und deren allgemeine Ursachen. (Meteorologie.)

Die bekannten meteorologischen Erscheinungen, als Wind, Regen, Gewitter u. s. w., sind durch nachfolgende Factoren (meteorologische Elemente) bedingt: Licht, Wärme, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Elektricität. Es sollen im Nachfolgenden diese Factoren der Reihe nach abgehandelt, und ihre gegenseitigen Be-

1) Nach Untersuchungen von G. Tissandier schwankt die Menge des Luftstaubes in einem Cubikmeter Luft von Paris zwischen 6—23 Milligramm, was auf die über Paris liegende Atmosphäre übertragen einige Hundert Kilogramme ausmacht (Naturforscher 1874, S. 485).

ziehungen möglichst klar gestellt werden, erst dann ist ein richtiges Verständniss des täglichen und jährlichen Ganges dieser Elemente für einen bestimmten Ort möglich. Das Zusammenspiel der meteorologischen Elemente findet für einen gegebenen Ort und Tag in durch unmittelbare Beobachtung mittelst Instrumente erhaltenen Zahlen seinen Ausdruck (tägliche Witterung). Im Laufe der Jahre häuft sich das Zahlenmaterial und gestattet, für Temperatur, Feuchtigkeit etc. gewisse Durchschnittswerthe zu berechnen, die dann für den gegebenen Ort das ausdrücken, was man sein Klima nennt. Während die Meteorologie sich mit der Erörterung der mehr allgemeinen, das Luftmeer beherrschenden Gesetze beschäftiget, behandelt die Klimatologie von Fall zu Fall die Bedingungen und modificirenden Einflüsse, die diese oder jene Species von Klima zu Stande bringen. Die Beschreibung der verschiedenen Klimate des Erdballes wird Klimatographie genannt.

1. Das Licht.

Das Licht der Sonne ruft in der Atmosphäre allerlei Farbenerscheinungen hervor, die bei der Beurtheilung des Witterungsganges von Wesenheit sind, als Morgen- und Abendröthe, Blau des Himmels u. s. w. Schon darum, und weil das Licht bei der Stoffbildung der Pflanzen unmittelbar betheiligt ist, erscheint eine kurze Erörterung über das Wesen und die Wirkungen des Lichtes nicht unerwünscht.

Das Licht ist eine schwingende Bewegung eines unsichtbaren, äusserst feinen, materiellen Mediums, das sich im Weltraume und zwischen den Molecülen aller darin befindlichen Körper ausbreitet. Dieses Medium führt den Namen Aether, es ist der Träger von Licht und Wärme. Der Aether ist im hohen Grade elastisch, und für äussere Impulse sehr empfänglich, die sich in ihm in Form von nach allen Richtungen fortschreitenden Wellen mit einer Geschwindigkeit von 42000 Meilen fortpflanzen. Die Molecüle eines leuchtenden Körpers befinden sich in steter oscillirender, bei Gasen fortschreitender Bewegung. Diese überträgt sich auf den sie umgebenden Aether, die Lichtwelle erreicht das Auge und den in ihm verbreiteten Aether, der mit in die Bewegung hineingezogen wird, damit ist jener Reiz des Sehnerven gegeben, der in uns die Empfindung des Sehens hervorbringt. So sehen wir die Sonne, die Fixsterne und irdische Lichtquellen. Dunkle Körper werden dadurch sichtbar, dass ein Theil des von der Lichtquelle auffallenden Lichtes zurückgeworfen (reflectirt) wird; der andere Theil wird beim durchsichtigen Körper durchgelassen (transmittirt), beim un-

durchsichtigen verschluckt (absorbirt). Das durchtretende Licht erleidet eine Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung, die Brechung des Lichtes genannt wird. Mit der Brechung des Sonnenlichtes ist eine Zerlegung desselben in farbige Bestandtheile verknüpft (Farbenzerstreuung, Spectrum). Das Sonnenspectrum enthält die bekannten Regenbogenfarben: roth, orange, gelb, grün, blau, dunkelblau, violett, ausserdem aber auch Wärmestrahlen und chemisch wirkende Strahlen. Die Farbe des Lichtes ist durch die Zahl der in der Secunde ausgeführten Aetherschwingungen gegeben. Das rothe Licht führt deren 400 Billionen, das violette Licht 800 Billionen Schwingungen in der Zeiteinheit aus. Die Körperfarbe dagegen hängt von der Farbe ab, die von dem bestrahlten Körper zurückgeworfen wird; entspricht sie dem grün, so erscheint der Körper grün u. s. w. Werden alle auffallenden Strahlen reflectirt, so ist der reflectirende Körper weiss, werden sie dagegen alle absorbirt, so erscheint er schwarz. Die Körperfarbe ist aber auch abhängig von der Farbe der Lichtquelle selbst; wenn diese z. B. nur gelb aussendet, so erscheint der bestrahlte Körper gelb, falls er nicht die gelben Strahlen absorbirt.

Ausser der Farbe des Lichtes kann auch noch dessen Intensität verschieden sein. Es hängt damit die grössere oder geringere Helligkeit einer beleuchteten Fläche zusammen. Sonnenlicht, elektrisches Licht, Magnesiumlicht sind sehr intensive Lichtquellen, sie vermögen eine exponirte Fläche grell zu beleuchten; wogegen das Licht unserer Lampen und Kerzenlicht geringe Beleuchtungseffecte hervorbringen. Die Helligkeit einer Fläche ist aber auch noch abhängig von der Beschaffenheit derselben und ihrer Lage und Entfernung von der Lichtquelle. Flächen, die alle Schwingungszahlen des Sonnenlichtes zurückwerfen, also weiss gefärbt sind, und solche, die senkrecht von den Lichtstrahlen getroffen werden, erscheinen besonders hell. Die Entfernung der Lichtquelle hat insofern Einfluss, als das auf die Fläche auffallende Lichtquantum desto geringer wird, je weiter man die Fläche von der Lichtquelle entfernt, und zwar sinkt die Helligkeit auf ein Viertel, Neuntel u. s. f., wenn die Entfernung zwei-, dreimal u. s w. grösser wird. Aus dem Gesagten lässt sich entnehmen, dass die Intensität der Beleuchtung oder Helligkeit vom Aequator gegen die Pole hin abnimmt, und für unsere Breiten im Laufe des Tages und Jahres sich ändert. Beim höchsten Stande der Sonne (Mittag und Sommer) erreicht die Helligkeit ihr Maximum. Uebrigens wird durch die Atmosphäre das Licht der Sonne zum Theil absorbirt und desto mehr, je dicker und trüber die zu durchwandernde Luftschichte ist.

Von 1000 Lichtstrahlen der Sonne gelangen am Aequator 378 an die Erdoberfläche, unter 45 Grad Breite nur mehr 228, innerhalb des Polarkreises nur noch 110 Strahlen.

Morgen- und Abendröthe entstehen dadurch, dass die von der unter dem Horizonte oder nahe über demselben befindlichen Sonne ausgehenden Lichtstrahlen eine Luftschichte von reichlichem Dampfgehalte zu durchwandern haben, was eine Absorption der grünen, blauen und violetten Farben verursacht, es gehen deshalb nur die rothen, orangefarbigen und gelben Strahlen durch. So klar in diesem Falle die Sache liegt, so wenig übereinstimmend sind die Ansichten über die Ursache für das Blau des Firmamentes. Das Licht, welches die wolkenfreie Himmelsdecke der Erde zusendet, ist nicht blaues, sondern weisses Licht, das von den in der Luft nie fehlenden kleinen Staubtheilchen und Nebelbläschen reflectirt wird. Dies zeigt sich darin, dass die vom Luftlichte beleuchteten Gegenstände weisses Licht reflectiren, während sie bei Morgen- und Abendröthe roth bis gelb erscheinen, und damit, dass das Spectrum des Luftlichtes nicht allein blau, sondern alle Farbenfelder des Sonnenspectrums enthält. Das Weiss des Luftlichtes wird erst in unserem Auge in Blau verwandelt, und zwar dadurch, dass wir weiss bei dunklem Hintergrunde blau sehen. Das Blau des Himmels ist daher keine Körperfarbe, sondern eine subjective Farbe, der dunkle Hintergrund ist der lichtlose Weltraum. Die Bläue verschwindet, wenn der dunkle Hintergrund durch Wolken verdeckt wird.[1])

Das Gedeihen einer Pflanze hängt nicht allein von der jährlich gespendeten Wärmesumme ab, sondern auch die disponible Lichtquantität hat wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung der Pflanze und zunächst ihrer Elementarorgane. In manchen Fällen kann das Licht durch Wärme ersetzt werden. Auch die Farbe des Lichtes ist von Bedeutung für die Pflanze.

2. Die Wärme und ihre Vertheilung auf der Erdoberfläche.

Die Sonne spendet uns ausser Licht auch Wärme. Licht- und Wärmestrahlen sind ihrem Wesen nach identisch, beide sind eine schwingende Bewegung des Aethers, hervorgerufen durch die schwingende Bewegung der Sonnenmolecüle, nur äussern sie auf

1) Nach Brücke entsteht das Blau des Himmels durch Interferenz der von den Vorder- und Hinterwänden der mikroskopisch kleinen in der Luft schwebenden Nebelbläschen reflectirten Lichtwellen; ähnlich spricht sich Clausius aus.

unsere Sinne verschiedene Wirkung. Die Wärmestrahlen zeigen nämlich eine geringere Anzahl von Schwingungen in der Secunde (100—400 Bill.) als die Lichtstrahlen, diese Zahl der Impulse reizt die Netzhaut nicht, daher Wärmestrahlen kein Sehen veranlassen, dafür aber afficiren sie die Organe des Tastsinnes und verursachen die Empfindung der Wärme. Auch Wärmestrahlen werden von den Körpern reflectirt, transmittirt und absorbirt. Bei der Absorption geht die den schwingenden Aethertheilchen innewohnende lebendige Kraft auf die Molecüle des Körpers, der bestrahlt wird, über, wodurch diese intensiver schwingen, oder, was dasselbe sagt, der Körper erhöht seine Temperatur. Die Sonnenstrahlen erwärmen, sie steigern durch Ueberführung von strahlender Wärme in Körperwärme die Temperatur der Erdoberfläche und damit der Luft.

Die Grösse der Steigerung der Körpertemperatur durch Bestrahlung der Sonne (Insolation) ist von verschiedenen Factoren abhängig, und zwar:

1. Von der specifischen Wärme des bestrahlten Körpers. Je grösser diese, desto geringer unter sonst gleichen Umständen die Temperaturerhöhung.[1]) Unter den drei Körpern: Wasser, Luft und Boden hat das Wasser entschieden die grösste specifische Wärme, Wasser = 1, Luft (bei constantem Druck) = 0,2375, Boden = 0,19—0,5. (Siehe S. 96.)

2. Von der Oberflächenbeschaffenheit. Je rauher diese, desto grösser die Absorption. Boden und Wasser.

3. Von der Farbe des bestrahlten Körpers. Je dunkler die Farbe, desto grösser die Absorption.

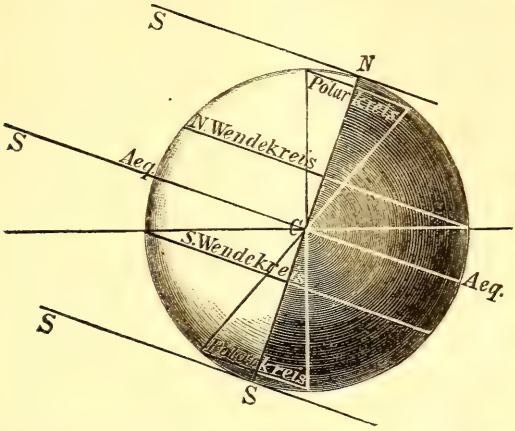
4. Von der Lage und Entfernung der bestrahlten Fläche gegenüber der Wärmequelle. Je näher der Einfallswinkel der Strahlen dem rechten Winkel kommt, desto intensiver wärmen sie, je weiter die Wärmequelle vom Körper entfernt ist, desto geringer ist die Intensität der Erwärmung, letztere nimmt im quadratischen Verhältnisse mit der Entfernung ab.

5. Von der Dauer der Insolation.

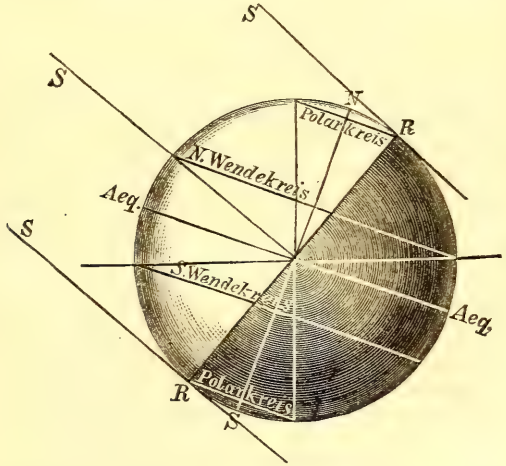
Die zwei letzten Punkte sollen vorerst näher ins Auge gefasst werden. Bekanntlich ändert sich wegen der schiefen Stellung der Erdaxe zur Erdbahn jahrüber für einen bestimmten Ort die tägliche Dauer der Insolation, nur für den Bewohner des Aequators ist das ganze Jahr hindurch Tag und Nacht gleich lang. Die Folge

1) Unter specifischer Wärme versteht man die Wärmequantität in Wärmeeinheiten ausgedrückt, die die Gewichtseinheit eines Körpers braucht, um von 0^0 auf 1^0 C. erwärmt zu werden. Als Wärmeeinheit (Calorie) dient die Wärmemenge, die 1 Kilo Wasser zu dieser Temperaturerhöhung braucht. Die spec. Wärme des Wasser ist = 1.

davon ist, dass die Temperatursverhältnisse für einen Ort über oder unter dem Aequator Tag für Tag andere werden. Dazu kommt noch, dass sich aus gleichem Grunde für einen bestimmten Ort der



Erdoberfläche der Höhenstand der Sonne und damit der Winkel der einfallenden Strahlen im Laufe des Jahres ändert, während des



einen Halbjahres (Frühling und Sommer) zunimmt, im anderen (Herbst und Winter) abnimmt. Dies hat ebenfalls eine Zu- und Abnahme der Temperatur auf den Hemisphären zur Folge und es

ist die nördliche Hemisphäre begünstigt, wenn die südliche Hemisphäre kurze Tage und niedrigen Sonnenstand hat. Und drittens ändert sich im Laufe des Jahres die Entfernung der Sonne von der Erde in Folge der Excentricität der elliptischen Erdbahn = 667000 Meilen; die Wärmemenge, die die Erde in unserem Winter, wo sie der Sonne näher ist (Perihel) empfängt, ist grösser als zur Sommerszeit, wo sich die Erde weiter von der Sonne entfernt (Aphelium). Diese beiden Wärmemengen verhalten sich wie 1,034 : 0,967, der Einfluss dieses Verhältnisses auf die Temperaturs-verhältnisse der Erdoberfläche ist jedoch gegenüber anderen, vor allem gegenüber der Vertheilung von Wasser und Festland, gering.

Die ungleiche Dauer des Tages und die Veränderlichkeit der Höhe des Sonnenstandes während des Jahres rufen auf der Erde den Wechsel der Jahreszeiten hervor. Während am 21. März (Frühlingsanfang) und 23. September (Herbstanfang) Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich lang sind (Aequinoctien) und die Sonne ihre Strahlen senkrecht auf den Aequator wirft (siehe Zeichnung), ist am 21. Juni (Sommeranfang) der Hitzegürtel auf die nördliche Hemisphäre gerückt, und hier der Tag länger als 12 Stunden, die Sonne steht über dem Wendekreis des Krebses im Zenith (siehe Zeichnung). Am 21. December (Winteranfang) hat unsere Hemisphäre den kürzesten Tag und niedrigsten Sonnenstand, dafür die südliche Halbkugel ihren Sommeranfang, die Sonne steht über dem Wendekreis des Steinbockes im Zenith.

Es bilden sich auf der Erdoberfläche durch die ungleich erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen unter verschiedenen Breiten Zonen von ungleichen Temperatursverhältnissen aus, und zwar:

1. Die heisse Zone oder der Tropengürtel, zu beiden Seiten des Aequators bis zu den Wendekreisen reichend. Die Sonne kommt jährlich zweimal in das Zenith, über den Wendekreisen selbst aber nur einmal im Jahre, zur Zeit der Solstitien am 21. Juni auf unserer, am 21. December auf der südlichen Hemisphäre.

2. Die beiden gemässigten Zonen, eine nördliche und eine südliche, zwischen Wendekreis und Polarkreis liegend. Die Sonne kommt niemals in das Zenith.

3. Die beiden Polarzonen innerhalb der Polarkreise. Der Nordpol hat 186 Tage hindurch die Sonne theils am Horizonte, theils über demselben, darauf folgt die 179 Tage dauernde Nacht.

A. Erwärmung und Abkühlung der Luft.

Die von der Sonne gespendete Wärme kommt der Erdoberfläche und den unteren Schichten der Lufthülle zu gute, ohne sie würde

die Temperatur beider auf die Temperatur des Weltraumes sinken, die sich nach den Untersuchungen von Pouillet auf — 142° C. stellt. Die innere Erdwärme übt einen geringen Einfluss auf die Temperatur ihrer Oberfläche aus, ohne sie wäre die mittlere Temperatur der letzteren etwa um $^1/_{30}$ — $^1/_{40}$° C. geringer.

Die jährlich zugestrahlte Sonnenwärme beträgt nach den Messungen Pouillets $^1/_4$ Million Calorien per □ Centimeter Erdoberfläche, was auf eine sehr hohe Temperatur der Sonne schliessen lässt. Nach Berechnungen von Secchi soll diese Temperatur 5801846° C. sein, dabei wird die Photosphäre der Sonne als wärmedurchlassend (diatherman) vorausgesetzt.

Es handelt sich nun zunächst darum, alle die wärmenden Einflüsse anzugeben, durch welche die Luft zu der ihr eigenthümlichen Temperatur gelangt, und die Factoren nachzuweisen, welche andererseits auch die stetigen Wärmeverluste der Luft bedingen. Die Luft erwärmt sich:

1. Durch theilweise Absorption der sie durchschreitenden Wärmestrahlen; in sehr nebelreicher Luft wird etwa $^1/_3$, in ganz klarer Atmosphäre etwa $^1/_5$ der einfallenden Strahlen absorbirt.
2. Durch die vom erhitzten Erdboden zurückgestrahlte Wärme.
3. Durch Fortpflanzung der Bodenwärme durch Leitung.

Die Luft ist für directe Wärmestrahlen, die von selbstleuchtenden Körpern, wie die Sonne, ausgehen, viel weniger empfänglich, als für solche, welche indirect erwärmend wirken; deshalb ist die unter 2. aufgeführte Wärmequelle die ausgiebigere, und besonders die auf dem Boden aufliegenden, unteren Schichten werden am intensivsten durchwärmt. Höher gelegene Atmosphäreschichten sind bezüglich ihrer Erwärmung hauptsächlich auf feuchte, aufsteigende Luftströmungen angewiesen, deren Wasserdampf die rasche Temperaturabnahme der Luft nach oben durch die bei dessen Condensation freiwerdende Wärme mässigt. Der unmittelbare Uebergang von Bodenwärme durch Leitung an die aufliegende Luft ist bei dem geringen Wärmeleitungsvermögen der Luft von keiner grossen Bedeutung.

Die Erdoberfläche kann nicht alle von der Sonne gespendete Wärme behalten, ist sie doch vom kalten Weltraum umgeben, dessen Temperatur niedriger ist, als die des kältesten Erdstriches im Winter (— 60° C). Die Erdoberfläche strahlt Wärme gegen den Weltraum aus, ihre Temperatur ist die Resultirende der Einstrahlung (Insolation) und Ausstrahlung (Emission).

Die über der Erde befindliche Luft kühlt mit ihrer Unterlage ab, indem sie gegen dieselbe Wärme ausstrahlt und ausserdem noch gegen den Weltraum hin Wärme durch Strahlung abgibt.

Während des Tages und der Nacht, zu jeder Zeit, finden diese Wärmeverluste der Luft statt, und wieder ist es die Unterlage, die hiebei den grössten Einfluss ausübt.

Ein grosser Theil der Erdoberfläche ist nun nicht Festland, sondern Wasser. Die specifischen Wärmen beider sind verschieden gross (Wasser = 1, Festland 0,35 im Mittel), und deshalb muss der wärmende Einfluss derselben auf die Luft sich ungleich mächtig gestalten. Festland erwärmt sich tagsüber schneller und höher als Wasser, kühlt aber dafür zur Nachtszeit rascher und ergiebiger aus. Daraus folgt, dass die aufliegende Luft über Festland ein relativ höheres Maximum der Temperatur einerseits und ein tiefer liegendes Minimum andererseits erreichen wird als über einer Wasserfläche. Landluft ist im Sommer heisser als Seeluft, im Winter kälter als letztere. Die Temperatursextreme des Jahres liegen für Orte von ausgesprochen continentaler Lage weiter auseinander, als für Orte an der Küste oder auf Inseln mit oceanischer Lage.

B. Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe.

Die Temperatur der Luft nimmt mit der Höhe ab, jedoch ist diese Abnahme nach Zeit und Ort verschieden. Sie ist z. B. im Winter geringer als im Sommer, weil zur kalten Jahreszeit die Erwärmung der unmittelbar auf den Boden aufliegenden Luftschichten weniger weit gedeiht, ja es zeigt sich in gebirgigen Gegenden im Spätherbste und zur Winterszeit das Gegentheil, nämlich, dass die Temperatur der Luft in geringer Höhe über dem Boden höher ist, als an der Thalsohle. Hier nimmt die Temperatur von unten nach oben zu, um weiter oben wieder abzunehmen. Dies hat Prettner für Kärnthen, Simony für die Alpenthäler Oberösterreichs und neuestens Kerner für Tirol[1]) nachgewiesen, und es erklärt sich damit die auffällige Erscheinung, dass die Bewohner der genannten Länder ihre Behausungen nicht auf der Thalsohle, sondern lieber an den unteren Gehängen der Berge anbringen. Eine Temperaturszunahme der Luft von unten nach oben tritt auch auf ebenem Lande dann ein, wenn eine grössere Bodenfläche durch ungehinderte Wärmeausstrahlung bedeutend erkaltet, wenn sich eine sogenannte Kälteinsel (mit hohem Luftdrucke) ausbildet.

Im Sommer dagegen wird der Boden und mit ihm die aufliegende Luft stark erwärmt, wodurch sich eine rasche Temperaturs-

1) Oesterr. Zeitschr. f. Met. XI. Bd. 1876, S. 1.

abnahme nach den oberen Schichten zu entwickelt, besonders dann, wenn die Witterung anhaltend heiter und sonnig ist. Die Erhitzung der untersten Luftschichten geht oft so weit, dass das Gleichgewicht derselben ein labiles wird, und sie sich mit grosser Geschwindigkeit von unten nach oben und plötzlich erheben müssen, was Gewitter und Hagelbildung bedingt.

Die Temperatursabnahme nach oben ist aber auch abhängig von dem grösseren oder geringeren Feuchtigkeitsgehalte der unteren Luftschichten, sie erfolgt in trockener Luft rascher als in feuchter. Dies wird durch die Beobachtungen Glaisher's bei seinen Ballonfahrten und durch die Ergebnisse der auf Mont Washington (1915 M.) in New-Hampshire im Mai 1872 im Vergleiche mit der Thalsohle angestellten Versuche bestätigt. Bei heiterem Wetter wird die aufsteigende trockene Luft bedeutendere Höhen erreichen können, bevor sie durch die Condensationswärme des in ihr enthaltenen Wasserdampfes erwärmend auf die Umgebung einwirkt, als wenn sie feucht ist, wodurch die Temperatursabnahme nach oben in trockener Luft zu raschem Verlaufe kommt.

Es ist ausserdem auch die Stärke der in höheren Luftschichten herrschenden Winde von Einfluss, da starke Winde ein Ansaugen der unteren Luftschichten nach oben bewirken, was ein rasches Emporsteigen und Abkühlen der letzteren zur unmittelbaren Folge hat.

Es ist bei einer Messung der Temperatursabnahme der Luft nach oben nicht gleichgiltig, ob man diese Messung im aufsteigenden Luftballone oder längs eines Berggeländes ausführt; man wird im letzteren Falle wegen des wärmenden Festbodens anfänglich eine geringere Abnahme der Lufttemperatur finden als in freier Luft.

Ein Gesetz für die Abnahme der Temperatur mit der Höhe ist noch nicht abgeleitet, jedoch lässt sich, wie Hann gezeigt hat[1]), aus dem in Metern ausgedrückten Höhenabstand einer Luftschichte vom Meeresspiegel und der an demselben herrschenden Temperatur die der hochgelegenen Luftschichte berechnen. Und umgekehrt gestattet die aufgestellte Formel die Ermittelung der Temperatur, die ein Ort von n Meter Höhe zeigen würde, wenn er nach dem Meeresniveau herabgesetzt würde. Führt man eine solche Reduction der mittleren Jahrestemperatur auf Seeniveau für Wien aus, so steigt dessen Jahresmittel von 10 auf 11 ° C., da Wien 198 Meter über dem Spiegel der Adria liegt und für je 100 Meter 0,5 — 0,6° C. in Rechnung zu stellen sind.

1) Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Met. Bd. VI. 1871, S. 316.

Es ist die Annahme gestattet, dass in einer Höhe von $1^1/_2$ deutschen Meilen die Luft Sommer und Winter gleiche Temperatur besitzt.

C. Täglicher und jährlicher Gang der Lufttemperatur.

Verfolgt man mittelst eines auf dem von der Sonne direct bestrahlten Boden aufliegenden Thermometers den Gang der Temperatur der obersten Bodenschichte, so zeigt sich, dass kurz nach dem Aufgange der Sonne die Temperatur zu steigen beginnt. Im Verlaufe des Vormittags dauert bei zunehmendem Höhenstande der Sonne die Steigung fort, bis endlich mit dem Zenithstande das Maximum der Temperatur eintritt. Im Verlaufe des Nachmittags und noch mehr nach dem Untergange der Sonne wird durch die nun allein wirksame Ausstrahlung ein fortwährendes Sinken der Temperatur der obersten Bodenschichte eintreten, bis das Minimum am Sonnenaufgange erreicht ist.

Es wurde bereits gesagt, dass die Luft die Wärme zum grössten Theile durch Rückstrahlung von der Erde aus empfängt, folglich muss sie, sowie der Boden, auf dem sie liegt, tagsüber ein Maximum und Minimum der Temperatur zeigen. Man nennt diese Bewegung der Temperatur während 24 Stunden den täglichen Gang und den Abstand der höchsten und niedrigsten Temperatur während dieser Spanne Zeit tägliche Schwankung der Lufttemperatur. Directe Beobachtungen mittelst entsprechend situirter Thermometer lassen den Gang der Temperatur Tag für Tag das ganze Jahr hindurch finden. Wegen des sich ändernden Sonnenstandes und der davon abhängigen Länge des Tagebogens und vieler erst später zu erörternder Gründe ist dieser tägliche Gang im Laufe des Jahres verschieden. Ebenso wird der monatliche Gang, gegeben durch die aus täglich dreimaliger (7^h 2^h 9^h oder 6^h 2^h 9^h) Ablesung gebildeten Tagesmittel[1]), und der jährliche Gang der Temperatur eine periodische Zu- und Abnahme derselben aufweisen. So wird z. B. während des Monates Juni ein Steigen in den Tagesmitteln, im Dezember dagegen ein Fallen bemerkbar sein. Die Monatsmittel der Temperatur, erhalten durch Addition der 30 (31) Tagesmittel und Division der Summe durch die Anzahl der

1) Die aus dreimaliger Ablesung gerechneten Tagesmittel sind noch nicht wahre Mittel, diese werden durch stündliche Ablesung erhalten. Um erstere Mittel auf wahre zurückzuführen, ist eine für jeden Beobachtungsort speciell auszumittelnde Correction nöthig.

Tage, werden vom Jänner ab ein Steigen, vom Juli ab ein Fallen der Mittelwerthe aufweisen (jährlicher Gang der Temperatur). Das arithmetische Mittel der 12 Monatstemperaturen gibt die mittlere Jahrestemperatur eines Ortes.

Liegen viele Beobachtungsjahre vor, so lässt sich für jeden Tag des Jahres aus den für diesen Tag erhaltenen Mitteln ein einziges Mittel bilden, das dann das normale Mittel dieses Tages genannt wird. So ergibt sich aus den neunzigjährigen Aufzeichnungen in Wien für den 1. Jänner — 1,5° C. als normales Mittel. Aehnlich entstehen normale Monatsmittel und das normale Jahresmittel. Normale Monatsmittel für Wien in ° C.:

	Winter			Frühling		
	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai
Jahr	0,2	—1,6	+0,7	4,4	10,2	15,7
10,0	Sommer			Herbst		
	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
	18,9	20,6	20,1	15,8	10,4	4,3

Es wird später gezeigt werden, dass in der Regel der tägliche Gang der Temperatur vermöge der vielen störenden Einflüsse von dem normalen abweicht und mit ihm das Tagesmittel, was weiter eine Abweichung der Monatsmittel und eine abnormale mittlere Jahrestemperatur bedingt.

Fassen wir nun zunächst den täglichen Gang der Temperatur näher ins Auge. Ein Tag der Beobachtung genügt, um uns zu überzeugen, dass die Temperatursextreme (Maximum und Minimum) im Boden und in der Luft nicht zu gleicher Zeit eintreten. Es liegt in der Art der Erwärmung der Luft, dass diese Extreme in ihr später auftreten. Die Wärme der Sonne muss erst den Boden erhitzen und dieser erwärmt dann die Luft. Durch diesen Umweg verspätet sich das Maximum in der Luft. Die Winkel der einfallenden Sonnenstrahlen nehmen gegen Mittag an Grösse zu, und damit ihre durchwärmende Wirkung; der Wärmeverlust, den die Erde durch Ausstrahlung zu jeder Zeit erleidet, erscheint mehr als gedeckt. Von Mittag ab senkt sich die Sonne, aber trotzdem verbleibt die Temperatur im Steigen, bis endlich einige Stunden nach Mittag bei niedrigerer Sonnenstellung Insolation und Emission sich das Gleichgewicht halten und in diesem Augenblicke ist das Temperaturs maximum erreicht. Von da ab bis zum Sonnenaufgange kühlt die Luft ab. Zum späteren Eintreten des Temperaturs-maximums mag wol auch das Aufsteigen der erwärmten und Herabsinken der kälteren Luftschichten beitragen, sodass erst allmälig die unteren Schichten eine höhere Temperatur annehmen können.

Täglicher Gang der Lufttemperatur für Wien in verschiedenen Jahreszeiten:

	Maximum um		Minimum um	
Januar	$2^h\ 5^m$	Nachm.	$6^h\ 11^m$	Früh.
April	$3^h\ 8^m$	„	$4^h\ 52^m$	„
Juni	$3^h\ 35^m$	„	$4^h\ 20^m$	„
October	$2^h\ 15^m$	„	$5^h\ 39^m$	„

Je länger der Tagebogen, desto später der Eintritt des Temperaturmaximums. Die Zeit für den Eintritt des Minimums ist durch die Stunde des Sonnenaufganges bestimmt.

Sowie im Laufe des Tages das Maximum der Lufttemperatur erst nach dem höchsten Sonnenstande eintritt, so erfolgt auch jahrüber die intensivste Erwärmung der Luft nicht zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, sondern erst später, auf unserer Hemisphäre und in der gemässigten Zone gegen Ende Juli, auf der südlichen im Januar. Das Temperaturminimum fällt nicht auf den Dezember (Juni), sondern gegen Ende Januar (Juli).

Am Aequator kommen kurz nach den zwei Zenithständen der Sonne (März und September) die höchsten Temperaturen zum Vorscheine und zwar im April und October, die niedrigsten im Juli und Januar, zu welcher Zeit die Gegend der Wendekreise am meisten begünstigt ist.

Das Meer erwärmt sich langsamer als das Festland, es kühlt auch langsamer ab, daher verzögert sich der Eintritt der Extreme in der Luft über den Meeren gegenüber Landluft. Das Temperaturmaximum der Seeluft fällt in den August, selbst in den September, das Minimum auf Februar bis März (vergl. St. Helena mit Capstadt auf der Temperaturtafel pag. 153).

D. Tägliche und jährliche Schwankung der Lufttemperatur.

Die tägliche Temperaturschwankung ändert sich nach Ort und Zeit. Sie ist im Winter geringer als im Sommer, am Aequator grösser als in höheren Breiten. Am Aequator findet während des 12stündigen Tages eine ausgiebige Erwärmung statt, jedoch eine ebenso lange Zeit gehört der Abkühlung, die, der grossen Temperaturdifferenz entsprechend, sehr ergiebig wird. Darum hat man die Nacht unter den Tropen den Winter der Tropen genannt. In den Polargegenden kann bei dem niedrigen Sonnenstande die Temperatur tagsüber sich nur ganz wenig erheben, die tägliche Schwankung ist daher gering, am geringsten ist sie während der 24stündigen Nacht oder des 24stündigen Tages.

Die Erhebung über den Meeresspiegel verringert den Abstand der Extreme, ebenso die Gegenwart grösserer Wasserflächen. Die grosse Wärmecapacität des Wassers lässt kein bedeutendes Ansteigen der Temperatur zur Tages- und Sommerszeit zu und verlangsamt die Abkühlung der Luft zur Nachts- und Winterszeit. Orte an der Meeresküste haben kühle Sommer und milde Winter, der Abstand zwischen Juli- und Jännermittel, d. i. die jährliche Temperatursschwankung ist geringer als für Orte von ausgesprochen continentaler Lage. Diese Thatsache macht ein wesentliches Merkmal des Klima's aus, man bezeichnet das Klima der an der Meeresküste gelegenen Orte als oceanisches oder Seeklima im Gegensatze zu Continental- oder Festlandklima. Letzteres wird wegen der grossen jährlichen Temperatursschwankung „excessiv" genannt.

Während die tägliche Schwankung vom Aequator gegen die Pole hin abnimmt, nimmt die jährliche gegen die Pole hin zu, sie wächst mit der geographischen Breite. Cayenne unter 4° 56′ nördlicher Breite zeigt nur 1,3° C. Unterschied zwischen heissestem und kältestem Monat, dagegen weist Rensselaerhafen an der Westküste Grönlands unter 78° 37′ nördl. Br. eine jährliche Schwankung von 41,4° C. auf. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in dem Unterschiede der Tagesdauer, welche für Orte innerhalb des Polarkreises 0 — 24 Stunden beträgt, wodurch im Sommer doch Temperaturen weit über 0° C. zu Stande kommen können, dafür aber im Winter intensive Erkaltung folgt.[1]) Am Aequator ist jahrüber Tag und Nacht gleich lang, der Höhenstand der Sonne wenig verschieden, womit die Thatsache, dass der Unterschied zwischen wärmstem und weniger warmem Monat kleiner ist als die tägliche Schwankung, ihre naturgemässe Erklärung findet.

E. Nicht periodische Aenderungen der Lufttemperatur.

Geographische Breite, Höhenlage und Lage zu Gewässern haben den entschiedensten Einfluss auf die Temperatursverhältnisse eines Ortes; diese drei Factoren sind für denselben Ort constant, und doch erfolgt an demselben der tägliche und jährliche Gang der Lufttemperatur nicht Jahr für Jahr in gleicher Weise, es zeigt die Erfahrung, dass der normale Gang, d. h. der aus vielen Beobachtungs-

1) Julius Payer zeichnete bei der österr.-ungar. Nordpolexpedition in den Jahren 1872—1874 —50,6° C. als niedrigste Temperatur unter 80° 20′ nördl. Breite über Festland auf.

reihen abgeleitete, zu den Ausnahmen, Abweichungen davon zur Regel gehören. Die Ursachen zur Entstehung des nicht periodischen (abnormalen) Ganges sind mannigfaltige, in erster Linie sind es die Winde. Kalte Winde aus höheren Breiten und von hartnäckiger Dauer drücken Tages- und Monatsmittel um ein Beträchtliches unter die normalen Mittel herab, andererseits bringen warme Winde höhere Mittel und eine Reihe anderer den täglichen Gang störender Erscheinungen hervor, wie Bewölkung, Nebel, Regen. Dichte Bewölkung hat zur Folge, dass das Temperaturmaximum weit hinter dem zu erwartenden zurückbleibt und eintretender Nebel oder Regen lässt manchmal ein solches zu ganz unerwarteter Zeit zu Stande kommen.

Als Beispiel für die grosse Schwankung in den Tagesmitteln diene der 1. Januar für Wien. Derselbe hat als normales Mittel der Temperatur — 1,5° C., im Jahre 1849 stellte sich das Tagesmittel auf — 14° C., im Jahre 1860 auf + 11° C. Die Schwankung der Monatsmittel ist nicht mehr so bedeutend (in den Wintermonaten grösser als in den Sommermonaten), sie erreicht noch 15° C. in Wien; am geringsten ist die Schwankung in den Jahresmitteln (4,52° C. für Wien).

Derartige Anomalien erstrecken sich oft auf weite Gebiete, während ein Gebiet in positiver Anomalie sich befindet, ist das hartangrenzende zu kalt und in negativer Anomalie.

Eine auffallende Erscheinung ist das consequente Zurückfallen der Temperatur in Mitteleuropa im Mai (12. und 13. Mai, Pancratius und Servatius, die Eismänner und am 25. Mai, Urbanus). Dove sucht die Ursache in einem im Frühjahre im Innern Sibiriens aufsteigenden warmen Luftstrome, der ein Aspiriren von Luft über den atlantischen Ocean zur Folge hat. Die angesaugte Luft ist wegen der von Grönland bis Neufoundland treibenden Eisberge kalt und bedingt das Rückfallen der Temperatur im Mai, und den Eintritt der Regenzeit im Juni.

F. Temperatur der Waldluft gegenüber freier Luft.

Ein abweichendes Verhalten in dem Gange der Lufttemperatur, das volle Berücksichtigung verdient, zeigt Waldluft gegenüber der freien Luft. Gleiche Lagen vorausgesetzt, bleibt das Jahresmittel der Waldluft hinter dem der Luft im Freien nach den Ebermayer'schen Untersuchungen[1]) um 0,98° C. durchschnittlich zurück. Diese

1) Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg 1873.

Differenz steigt in hochgelegenen Oertlichkeiten bis zu 1,4° C. Verfolgt man die Temperatursunterschiede in den einzelnen Jahreszeiten, so bleibt zur Sommerszeit die Temperatur der Waldluft am weitesten zurück (um 2,1° C. im Mittel), aber auch im Winter, entgegen der gewöhnlichen Anschauung, ist die Luft am Tage im Walde kälter als im Freien, wenn auch nur um einige Zehntel Grade. In der Nacht ist zu allen Jahreszeiten die Waldluft wärmer. Daraus folgt, dass die tägliche Schwankung der Temperatur in der Waldluft geringer ist als auf freiem Felde. Das Jahresmaximum ist im Walde um 5,2° C. im Mittel niedriger, das Minimum um 2,5° C. (aber nur an 2 Stationen Bayerns) höher. Weil der Wald die Temperatursextreme näher rückt, so muss eine grössere Entwaldung das Klima excessiver machen, heissere Sommer und kältere Winter veranlassen, und zwar wird die Steigerung der Sommerhitze für uns fühlbarer sein als die der Winterkälte. Ausserdem würde eine ergiebige Austrocknung des Waldbodens damit verbunden sein, was Nachtheile in Bezug der Feuchtigkeitsverhältnisse der Nachbarschaft nach sich ziehen muss.

Zur Ermittelung der Lufttemperatur dient das Thermometer, das über dem Boden in freier Luft so aufgehängt sein soll, dass es nicht direct von den Sonnenstrahlen getroffen wird, und auch vor seitlichen Wärmereflexen (erhitzte Wände von Gebäuden) geschützt ist. Es eignet sich in Ermangelung eines passenden hölzernen Häuschens, dessen offene Seite nach Norden gerichtet ist, diejenige Wand eines Gebäudes, die nach Norden liegt, an welcher das Thermometer 0,5 Meter von der Mauer entfernt aufgehängt wird. Der Abstand von der Bodenfläche ist nicht gleichgültig für die Temperatursangaben, die Distanz von 1 Meter wird häufig angetroffen, jedenfalls darf zwischen Thermometerkugel und Boden keine Bretterwand oder sonst ein dessen Wärmeausstrahlung nach abwärts hindernder Körper sein.

Um die Extreme der Temperatur während eines bestimmten Zeitraumes, z. B. 24 Stunden, zu finden, bedient man sich des Maximum-Minimumthermometers, dessen zwei Stifte bei Casella's Maximum-Minimumthermometer durch die thermometrische Substanz (Alkohol) gestellt werden. Der eine Stift lässt das Maximum, der andere das Minimum der Temperatur erkennen. Die eisernen, federnden Stifte werden mit einem Magnete eingestellt.

Die hier angefügte Temperaturtafel soll die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche zur Anschauung bringen.[1])

---

1) Die Daten zu dieser Tafel sind dem empfehlenswerthen meteorologischen Abschnitte aus der „Allgemeinen Erdkunde" von Hann, Hochstetter und Pokorny (Prag, Tempsky 1872) entnommen.

Temperaturtafel.

Ort.	Geogr. Breite	Seehöhe in Metern	Temperatur Celsius			Unterschied	Tägliche Wärmeschwankung	
			Jahr	kältester Monat	wärmster Monat		Mittel	Max.
Rensselaerhafen . . .	78° 37′	—	−19,5	−38,0 März	3,4 Juli	41,4	2,3	5,0
Jakutsk (Ost-Sibirien) .	62° 1′	87	−10,9	−40,8 Jan.	17,4 „	58,2	6,7	11,7
Theodulpass (Wallis. Alp.)	45° 56′	3333	−6,6	−13,4 „	1,0 „	14,4	3,8	6,0
Sanct Bernhard . . .	45° 50′	2478	−1,8	−9,0 „	6,2 „	15,2	4,7	7,3
Tobolsk	58° 11′	108	−0,3	−19,8 „	19,1 „	38,9	8,6	10,6
Hammerfest	70° 40′	—	+1,8	−5,1 „	11,3 „	16,4	1,5	3,5
Petersburg	59° 56′	—	+3,6	−9,4 „	17,5 „	26,9	4,4	7,3
Moskau	55° 46′	168	+4,1	−10,9 „	19,2 „	30,1	—	—
Reykiavig (Island) . .	64° 8′	—	+4,1	−2,0 Feb.	13,4 „	15,4	4,8	6,6
Sitka (N.-W.-Amerika) .	55° 3′	—	+6,2	0,0 Jan.	13,2 Aug.	13,2	4,1	6,6
Königsberg	54° 43′	—	+6,7	−3,7 „	17,2 Juli	20,9	—	—
Bergen	60° 24′	—	+6,9	0,0 Feb.	14,4 „	14,4	2,5	4,2
Klagenfurth	46° 37′	441	+7,4	−6,3 Jan.	18,8 „	25,1	8,2	10,3
München	48° 9′	526	+7,5	−3,0 „	17,3 „	20,3	7,1	9,8
Lemberg	49° 50′	259	+8,0	−3,8 „	19,5 „	23,3	6,2	9,5
Innsbruck	47° 16′	574	+8,2	−3,0 „	17,4 „	20,4	8,1	11,0
Hermannstadt	45° 47′	408	+8,8	−3,9 „	19,5 „	23,4	8,6	11,6
Berlin.	52° 31′	39	+8,9	−0,9 „	18,5 „	19,4	6,8	9,8
Graz	47° 4′	371	+9,2	−2,6 „	19,7 „	22,3	6,1	7,5
Prag	50° 5′	201	+9,4	−1,6 „	19,8 „	21,4	5,4	7,8
Astrachan	46° 21′	—	+9,5	−6,4 „	24,5 „	30,9	—	—
Wien	48° 13′	194	+10,0	−1,6 „	20,6 „	22,3	5,9	8,3
Köln	50° 56′	44	+10,1	+1,6 „	18,5 „	16,9	—	—
Dublin	53° 21′	—	+10,1	+5,1 „	15,8 „	10,7	5,5	7,2
Strassburg	48° 35′	144	+10,4	+1,0 „	19,5 „	18,5	—	—
London	51° 29′	48	+10,4	+3,0 „	17,8 „	14,8	5,7	8,5
Paris	48° 50′	—	+10,8	+1,9 „	18,7 „	16,8	6,9	7,8
Ofen	47° 31′	128	+10,9	−1,4 „	22,4 „	23,8	6,1	8,7
Meran.	46° 40′	310	+11,7	+0,3 „	21,8 „	21,5	5,2	11,0
Panscova.	44° 50′	68	+11,8	−0,8 „	23,2 „	24,0	9,8	13,6
Mailand	45° 28′	147	+11,9	+0,5 „	22,9 „	22,4	6,8	10,4

Ort.	Geogr. Breite	Seehöhe in Metern	Temperatur Celsius			Unterschied	Tägliche Wärmeschwankung	
			Jahr	kältester Monat	wärmster Monat		Mittel	Max.
Washington (Sternwarte)	38° 54′	24	12,3	+0,4 Jan.	24,1 Juli	23,7	8,4	10,2
Peking	39° 54′	—	12,6	—3,4 „	26,6 „	30,0	8,4	10,7
San Francisco	37° 48′	46	12,7	+9,8 „	14,6 Sept.	4,8	—	—
Saint Louis (N.-Amerika)	38° 37′	137	13,1	+0,1 „	25,9 Juli	25,8	—	—
Triest	45° 39′	—	14,2	+4,3 „	24,2 „	19,9	4,3	5,7
Melbourne (Australien)	37° 49′ S.	39	14,4	+8,7 Juli	19,9 Jan.	11,2	9,9	12,8
Valparaiso	33° 2′ S.	—	14,5	+12,2 Aug.	17,2 Feb.	5,0	4,6	5,9
Auckland (Neuseeland)	36° 50′ S.	—	15,3	+11,0 Juli	19,9 „	8,9	9,9	11,6
Rom	41° 54′	52	15,4	+7,3 Jan.	23,9 Juli	16,6	8,0	10,4
Quito (Süd-Amerika)	0° 14′ S.	2914	15,6	+14,8 Juli	16,3 März	1,5	—	—
Lissabon	38° 43′	—	15,6	+10,0 Jan.	21,5 Juli	11,5	6,3	7,9
Sanct Helena	15° 55′ S.	536	16,3	+13,9 Sept.	19,0 März	5,1	3,1	3,7
Mexico	19° 26′	2272	16,6	+12,3 Jan.	19,7 Juni	7,4	—	—
Capstadt	33° 56′ S.	—	16,7	+12,5 Juli	20,9 Jan.	8,4	5,9	7,1
Sydney	33° 52′ S.	47	17,2	+11,3 „	22,2 „	10,9	8,3	10,1
Buenos Ayres	34° 37′ S.	31	17,3	+10,1 „	24,3 „	14,2	—	—
Jerusalem	31° 47′	762	17,4	+8,5 Jan.	24,6 Aug.	16,1	10,4	12,6
Funchal (Madeira)	32° 44′	—	18,8	+16,0 März	22,6 „	6,6	4,7	5,3
Algier	36° 47′	—	19,4	+13,2 Jan.	26,4 „	13,2	—	—
New-Orleans	29° 57′	—	19,8	+12,4 „	26,9 Juli	14,5	—	—
Suez	29° 58′	—	20,8	+13,1 Feb.	28,4 „	15,3	11,7	14,3
Bagdad	33° 21′	—	23,3	+9,7 Jan.	34,9 „	25,2	13,3	16,4
Rio Janeiro	22° 54′ S.	64	23,8	+19,5 Juli	26,6 Feb.	7,1	3,3	4,1
Havannah	23° 9′	—	25,0	+21,9 Jan.	27,5 Aug.	5,6	6,2	7,8
Multan (Pendschab)	31° 11′	—	25,0	+12,5 „	36,3 Juli	23,8	17,2	21,9
Cayenne	4° 56′	—	26,1	+25,5 Feb.	26,8 Sept.	1,3	5,7	6,9
Calcutta	22° 33′	—	26,2	+19,8 Jan.	30,0 Mai	10,2	7,1	10,5
Colombo (Ceylon)	7° 56′	—	26,8	+25,8 „	27,7 April	1,9	4,2	5,9
Singapore	1° 17′	—	26,9	+25,7 „	27,6 Juli	1,9	—	—
Gondokoro	4° 49′	487	28,4	+25,3 Feb.	32,8 Aug.	7,5	6,2	10,2
Kouka (Sudan)	13° 10′	276	28,7	+22,2 Dec.	33,5 April	11,3	—	—

G. Isothermen und Isanomalen.

Aus der Temperaturtafel (S. 152 f.), in welcher die Orte nach steigender mittlerer Jahrestemperatur geordnet sind, geht zunächst der Einfluss der drei wichtigsten Modificatoren der Temperatur hervor, nämlich der geographischen Breite, der oceanischen oder Continentallage und der Erhebung über das Meeresniveau. So zeigt Singapore unter 1^0 17′ ein Jahresmittel von $26{,}9^0$ C., Jakutsk unter 62^0 1′ nur $-10{,}9^0$ C. Wie hervortretend ist die wärmebewahrende Wirkung des Meerwassers im Winter, welche im Januarsmittel sich ausspricht, und andererseits seine abkühlende Wirkung im Sommer (siehe Julimittel). So haben bei nahezu gleicher Breite und Höhenlage Funchal auf Madeira und Bagdad als niedrigstes Januarsmittel 16^0 C. resp. $9{,}7^0$ C.; der Juli ist in Bagdad mit $34{,}9^0$ C. unerträglich, auf Madeira nicht viel heisser als der von Pest-Ofen ($22{,}6^0$ C.). Weitere Belege in diesem Sinne liefert der Vergleich von Lissabon und Madrid, London und Moskau u. s. f.

Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe zeigt sich im Jahresmittel der Bergstadt Quito.

Von grosser Bedeutung ist die tägliche und jährliche Schwankung der Temperatur. Erstere ist am Aequator (Cayenne) und in continentalen Lagen (Moskau) grösser als in höheren Breiten (Valparaiso) und an der Meeresküste (Hammerfest), ferner an der Thalsohle bedeutender als auf hohen Bergen (Graz — St. Bernhard).

Die jährliche Schwankung[1]) nimmt mit der Breite und continentalen Lage zu (Singapore-Jakutsk und London-Moskau), dagegen verringert sie sich mit der Höhe, freie Berggipfel dabei vorausgesetzt (Quito). Das Klima freier Höhen nähert sich dem Seeklima.

Wie bereits erwähnt, kann man mittelst einer Formel die Jahresmittel auf Meeresniveau reduciren, wodurch gewonnen wird, dass Orte unter einerlei Breite miteinander in Bezug ihrer Temperaturs verhältnisse besser verglichen werden können, da der Einfluss der Höhenlage eliminirt erscheint. Alexander von Humboldt kam zuerst (1817) auf den nutzbringenden Gedanken, Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur (auf Seeniveau reducirt) durch Linien zu verbinden, die er Isothermen (Linien gleicher Wärme) nannte. Durch dieselben traten die Temperaturs verhältnisse der Continente

1) Siehe die Columne, welche mit Unterschied bezeichnet ist.

viel deutlicher hervor, und damit war die Auffindung der massgebenden modificirenden Einflüsse viel leichter gemacht. Aus den Isothermenkarten ist zu ersehen, dass auf der nördl. Hemisphäre zwei Bezirke grösster Kälte (Kältepole) existiren, der eine liegt im Osten Sibiriens nördlich von Jakutsk unter 62°, der zweite im arktischen Archipel von Nordamerika (Parry's Inseln). Da bildet das im Winter gefrorene Meer ein compactes Ganze, das sich in Bezug auf Ausstrahlung wie Festland verhält, daher Januarmittel bis zu —40° C. Der Nordpol und seine nächste Umgebung sind noch nicht erforscht, aber es ist nach den bisherigen Erfahrungen ausser Zweifel, dass in diesen Breiten die Kälte hinter der des östlichen sibirischen Festlandes zurückbleibt. Die heissesten Stellen der Erdoberfläche müssen wir naturgemäss auch auf dem Festlande suchen. Sie liegen wegen der vorwaltenden Festlandmasse der nördl. Hemisphäre nördlich vom Aequator. Die Wüsten Nordamerikas, Arabiens und Mesopotamiens zeigen Julimittel von 30—35° C.

Vergleicht man den Lauf der Isothermen mit dem der Breitegrade, so findet man, dass erstere die letzteren häufig durchschneiden, die Isothermen erheben sich über begünstigten Theilen der Erdoberfläche über die Parallelkreise in Form convexer Scheitel und senken sich als concave Scheitel unter dieselben, wenn ein erkältender Einfluss zur Geltung gelangt. Dove, dem in den sechziger Jahren ein viel reichlicheres meteorologisches Material von mehr als 2000 Stationen zur Verfügung stand, ging noch weiter als Humboldt und zeichnete Monatsisothermen, Jänner- und Juliisothermen, in welchen der Gegensatz zwischen kältester und wärmster Jahreszeit deutlich zum Ausdruck kommt, was bei den die Gegensätze ausgleichenden Jahresisothermen nicht zutrifft. Für den Landwirth ist die Kenntniss der seinen Ort durchziehenden Juliisotherme werthvoll, da sich nach derselben die Möglichkeit richtet, gewisse Pflanzen in die Cultur hereinzuziehen oder nicht. (Phytoisothermen.)

Dove berechnete aus den Jahresmitteln aller Orte unter einem Breitegrade das Mittel für die Temperatur dieses Parallelkreises, und verband nachher Orte gleicher Abweichung von diesem Mittel mit Linien, die er Isanomalen (Linien gleicher Abweichung) nannte. Mittelst der Monats-Isothermenkarten, und der Karten der Isanomalen, die sich auch für kleinere Bezirke mittelst Herbeiziehung der Monatsmittel, von Fall zu Fall, z. B. bei strengen Wintern oder abnormal heissen Sommern, entwerfen lassen, ist der Einblick in die jeweilige Vertheilung der Lufttemperatur über ein gegebenes Gebiet viel klarer geworden und ausserdem gelangen

durch sie die Wirkungen der störenden Einflüsse, wie Luft- und Meeresströmungen, zur anschaulichen und übersichtlichen Darstellung, was deren richtige Deutung wesentlich gefördert hat.

3. Der Luftdruck.

Die Lufttheilchen unterliegen dem Zuge der Schwere, ihr Gewicht äussert sich als Luftdruck, dessen jeweilige Grösse durch den auf 0^0 reducirten Barometerstand bestimmt ist. Bei der Erhebung über den Meeresspiegel sinkt der Luftdruck, weil Dichte und Höhe der drückenden Luftsäule dabei stetig abnehmen. Mit Zugrundelegung des Mariotte'schen Gesetzes lässt sich für die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe ein Gesetz auffinden, welches lautet: Der Luftdruck nimmt in einer geometrischen Progression ab, wenn die Erhebung über den Meeresspiegel in arithmetischer Reihe zunimmt. Die Abnahme des Luftdruckes erfolgt in den unteren Schichten etwas rascher, als in grösseren Höhen; daher das Höhenintervall für eine bestimmte Druckerniedrigung desto grösser ausfallen muss, je höher man sich erhebt. So verringert sich der mittlere Barometerstand in unseren Breiten (762 Mm. am Meeresspiegel) um 1 Mm., wenn die Erhebung 10,5 M. beträgt, dieselbe Druckerniedrigung tritt in Höhen von 3000 M. erst bei einer Erhebung von 15,8 M. ein. (Dabei ist in der ganzen Luftsäule die Temperatur 0^0 C. vorausgesetzt.)

Mittelst der von Laplace angegebenen Höhenformel lassen sich die auf die Normaltemperatur 0^0 C. reducirten Barometerstände höher gelegener Orte auf Meeresniveau zurückführen.

Denken wir uns für einen Augenblick die Einwirkung der Sonnenwärme auf Erdboden und Luft als nicht vorhanden, so liegt das Luftmeer unter allen Breiten auf gleich temperirtem Boden auf; die unteren Luftschichten werden in Folge der durch die Schwere bewirkten Verdichtung eine höhere Temperatur zeigen als höher gelegene, ohne dass deshalb ein Aufsteigen der ersteren eintreten kann[1]), es herrscht ein Gleichgewichtszustand in horizontaler und verticaler Richtung innerhalb des Luftoceans, der in der Gleichheit des Druckes gleich hochliegender Luftschichten seinen Ausdruck findet. Nun beginne der wärmende Einfluss der Sonne. Zonen ungleich hoher Erwärmung bilden sich auf der Erdoberfläche aus,

1) Nach dem Gay Lussac'schen Gesetze wächst die Spannkraft der Luft so wie die Temperatur, die wärmeren Schichten werden von oben her entsprechend stärker gedrückt.

im Hitzegürtel wird die Luft aufgelockert, verdünnt, wodurch die Gleichheit des Druckes in gleicher Weit vom Boden abstehenden Schichten aufhört. Nach der Stelle der Verdünnung, über welcher Luft aufsteigt, fliesst dichtere Luft aus höheren Breiten. Ganz analog diesem Vorgange ist die Wirkung des erhitzten Festlandes dem Meere gegenüber, das in seiner Temperaturerhöhung bei Tage und im Sommer hinter dem Festlande zurückbleibt. Eine Luftströmung vom Meere zum Lande hin, über welchem die Luft aufsteigt, wird dadurch wachgerufen, die zur Nachtszeit und im Winter in die entgegengesetzte Richtung umschlägt, weil in diesen Zeiten die Luft über dem Meere wärmer und dünner ist und hier aufsteigt. (Land- und Seewind.)

Die Verdrängung der dünneren Luft durch dichtere vollzieht sich auch auf dem Grunde des Luftmeeres und wird uns fühlbar, wir nennen die dadurch herbeigeführte Bewegung der Luft Wind.

Der Luftdruck ist im Aequatorialgürtel im Mittel 759 Mm. am Meeresniveau, über den Wendekreisen steigt er bis zu 764 Mm. an, um dann in unseren Breiten auf 762 Mm. zu sinken.

Für einen gegebenen Ort lässt sich eine tägliche und jährliche Periode im Gange des Luftdruckes bemerken. Im Laufe des Vormittages tritt ein Maximum gegen 10^h ein, diesem folgt ein Minimum gegen 5^h Nachmittags, ein zweites Maximum wird zwischen $9—11^h$ Abends erreicht, von da an sinkt der Luftdruck bis zu dem in den frühen Morgenstunden (zwischen $4—5^h$) eintretenden Minimum. Die tägliche Schwankung des Luftdruckes ist gering, sie nimmt an Grösse vom Aequator gegen die Pole ab und beträgt in unseren Breiten 0,7 Mm. im Mittel; auch mit der Höhe des Ortes nimmt die tägliche Schwankung des Luftdruckes ab. Der jährliche Gang des Luftdruckes ist von der Breite weniger abhängig, als vielmehr von der mehr oder minder continentalen Lage. Im Seeklima Westeuropas treten zwei Maxima und Minima auf, erstere fallen auf den Herbstesanfang und Winter, die Minima auf den April und November. Die jährliche Schwankung beträgt im Mittel etwa 2 Mm. Anders stellt sich der jährliche Gang in continentaler Lage; da tritt ein hohes Maximum im Winter, ein tiefes Minimum im Sommer ein, die jährliche Schwankung erreicht nicht selten mehr als 10 Mm. In Peking steht das Barometer im Januar im Mittel auf 768,2 Mm., im Juli auf 748,5 Mm. Im Sommer liegen die Druckmaxima über den Meeren, so z. B. im atlantischen Ocean zwischen 25 und 45^0 n. Br. Hier tritt übrigens auch im Winter das Druckmaximum auf, weil im Norden das erkaltende Land fehlt, und der Golfstrom die Luft in höheren Breiten erwärmt und auflockert (Luftdruck 749 Mm.);

es hängt mit dieser Erscheinung das Vorwalten südwestlicher Winde in Europa zusammen.

Linien, welche Orte gleichen auf Meeresniveau reducirten Luftdruckes verbinden, heissen Isobaren. (Tages-, Monats-, Jahresisobaren.) Sie sind für die Erkenntniss der Dichtigkeitsverhältnisse der Luft innerhalb des Beobachtungsgebietes von unschätzbarem Werthe, da sich aus der Lage und dem Verlauf derselben ein Schluss auf die zu erwartenden Winde und damit auch auf das anzuhoffende Wetter ziehen lässt[1]).

Das Barometer soll frei, gegen Sonnenstrahlen geschützt, aufgehängt sein. Die Temperatur des Beobachtungszimmers darf nicht allzu jähen Schwankungen unterliegen.

Vergleicht man die Barometerstände einer längeren Zeitperiode mit den dazugehörigen Temperaturmitteln, so zeigt sich, dass in der Regel Temperatur und Luftdruck entgegengesetzte Bewegungen ausführen. Einer Steigung der Temperatur steht ein Sinken des Luftdruckes gegenüber und umgekehrt. Dass beim täglichen Gange des Luftdruckes im Laufe des Vormittages trotz steigender Temperatur ein Druckmaximum zu Stande kommt, ist darin begründet, dass während dieser Zeit die Verdunstung an der Erdoberfläche zunimmt und der gebildete Dampf die Spannkraft erhöht. In den Nachmittagsstunden wird durch den durch die Sonnenwärme eingeleiteten aufsteigenden Luftstrom Dampf in höhere Schichten entführt und die Luft selbst aufgelockert, wodurch der Eintritt eines nachmittäglichen Minimums bedingt ist.

4. Die Luftströmungen oder Winde.

Der Entstehung der Winde und deren Bahnen liegt das berühmte Gesetz von Buys Ballot zu Grunde, welches lautet: Der Wind strömt immer von dem höheren Luftdrucke nach dem niederen, wobei er durch die Erdrotation auf unserer Hemisphäre nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt wird. Höherer Luftdruck wird bedingt durch ein Zusammenziehen der Luft in Folge ausgiebiger Erkaltung

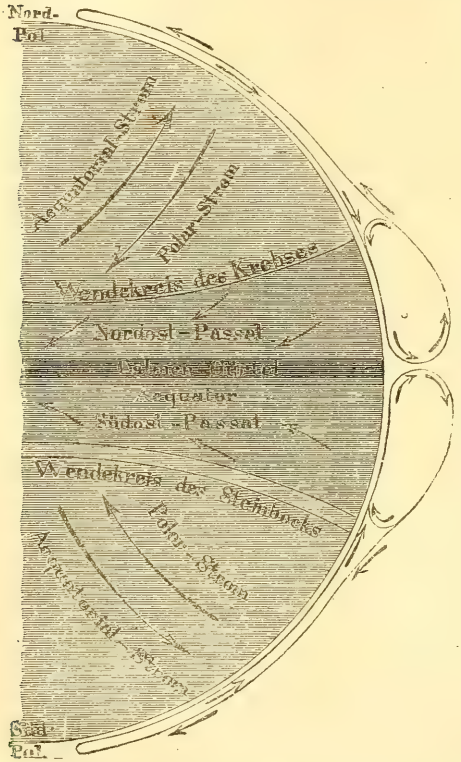
1) Hoffmeyer in Kopenhagen gibt in neuester Zeit synoptische (Uebersichts-) Karten für Europa heraus, welche für jeden Tag des Jahres den Zustand der Atmosphäre bezüglich Druck, Richtung und Stärke des Windes in diesem weiten Gebiete darstellen. Das Material liefern dazu die täglich von den wichtigsten meteorologischen Stationen einlaufenden Witterungsberichte.

eines Landstriches. Ueber einer solchen Kälteinsel entsteht ein barometrisches Maximum, indem die Luft Wärme gegen den erkaltenden Boden ausstrahlt und sich dabei verdichtet. Auch über dem Meere, das im Sommer in seiner Erwärmung zurückbleibt, können Druckmaxima auftreten. Wird dagegen an irgend einer Stelle die Luft kräftig erwärmt, so erhebt sie sich so lange, bis sie durch die bei der Erhebung stattfindende Ausdehnung so weit abgekühlt ist, dass ihre Dichte der der umgebenden Luft gleich wird. Die Temperaturserniedrigung, welche ganz trockene Luft bei ihrer Erhebung durch Ausdehnung erleidet, beträgt für je 100 M. nahezu 1^0 C., in gewöhnlicher stets mehr oder minder feuchter Luft ist sie geringer, da die Condensationswärme des Wasserdampfes einen Theil des Wärmeverlustes deckt. Im absteigenden Luftstrome kann es zu keiner Condensation des Wasserdampfes kommen, da die Temperatur der Luft wegen der Druckzunahme steigt und zwar ganz rein um 1^0 C. für je 100 M. Der Auftrieb der sich erhebenden Luft wird durch die Condensationswärme des Wasserdampfes bedeutend gesteigert, durch sie kann die aufsteigende Luft, da in ihr die Temperatursabnahme verzögert erscheint, bedeutende Höhen erklimmen. Die unmittelbare Folge der Luftverdünnung durch den aufsteigenden Strom ist ein locales Sinken des Luftdruckes und dauert die Strömung lange genug an, so bildet sich ein barometrisches Minimum aus, nach welchem von allen Seiten dichtere Luft aus der Gegend des barometrischen Maximums hinströmt.

Liegt auf der nördlichen Hemisphäre das Minimum südlich vom Maximum, so ist die Luft bestrebt, in nordsüdlicher Richtung dem Minimum zuzuströmen, sie kann jedoch den Herd der Aspiration nicht auf directem Wege erreichen, da sie nach Südwest hin durch die Erdrotation abgelenkt wird, dafür schöpft das Minimum Luft aus Nordost. Im umgekehrten Falle, bei nördlicher Lage des Minimums, wird der von Süd nach Nord ziehende Strom auf unserer Halbkugel nach Nordost abgelenkt.

Längs des Aequators liegt Jahr aus, Jahr ein ein barometrisches Minimum, ein Hitzegürtel, über welchem beständig sehr feuchte Luft zu grossen Höhen aufsteigt. (Siehe Zeichnung S. 160.) Von Norden und Süden strömt Luft herzu, um die Lücke auszufüllen; die Bahnen dieser Ströme können wegen der Ablenkung durch die Rotation der Erde nicht mit den Mediankreisen zusammenfallen, es wird der Beobachter auf der nördlichen Hemisphäre die nach dem Aequator ziehende Luftströmung (da sie nach Südwest abgelenkt wird) als Nordostwind (der Bewohner der südlichen Hemisphäre als Südostwind) wahrnehmen. Es setzen sich nämlich auf jeder der Halb-

kugeln zwei Bewegungen zusammen, die eine von Nord nach Süd (resp. von Süd nach Nord), die andere von Ost nach West gerichtet. Die letztere Componente wird dadurch hervorgerufen, dass die Luft auf ihrer Wanderung nach Süden (Norden) auf Bodenunterlagen trifft, die eine grössere Umdrehungsgeschwindigkeit besitzen, als sie selbst. Durch die gleichzeitige Wirkuug der zwei Bewegungscomponenten entsteht eine resultirende Bewegungsrichtung, die sich desto mehr der Richtung der ost-westlichen Componente zuneigt, je weiter der Wind von seiner Ursprungsstätte sich entfernt hat, so dass zu beiden Seiten des Aequators eine rein östliche Strömung zum Vorscheine kommt.



Man nennt die beiden Winde der Hemisphären, welche Luft aus hohen Breiten dem Aequator zuführen, Polarströme, am Aequator hinfliessend heissen sie Passate. Die Passate reichen bis zum 30. Breitegrad nördlich und südlich, sie berühren sich jedoch nicht unmittelbar, sondern zwischen ihnen liegt eine 3 bis 8 Breitegrade umfassende Zone der Windstillen (Calmen), über welcher beständig Luft aufsteigt. Die Calmenzone wandert nicht etwa mit der Sonne von Wendekreis zu Wendekreis, sondern stets nördlich vom Aequator bleibend wandert sie von 0^0 bis 11^0 nördl. Breite und ist im Winter schmaler als im Sommer. Die Region der Calmen wird von den Seefahrern wegen der häufigen und heftigen Gewitter, die von Sturm und Regengüssen begleitet sind, gerne gemieden.

Die über der Calmenzone aufsteigende Luft strömt von beiden Seiten des Aequators nach höheren Breiten ab, um dort die vom

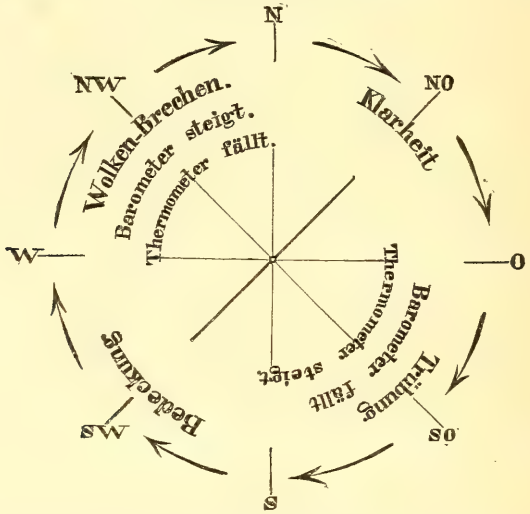
Polarstrome abgeführten Luftmassen zu ersetzen (siehe Zeichnung). Dabei kühlt sie ab und sinkt über den Wendekreisen in tiefere Regionen, wobei sie das Anwachsen des Luftdruckes über denselben veranlasst. Ueber den Wendekreisen spaltet sich ein kleiner Zweig der Luftströmung ab und fliesst den Passaten zu, der Hauptstrom dagegen sucht höhere Breiten auf. Diese oberen Luftströmungen führen den Namen Aequatorialstrom (Antipassat), sie erreichen in den beiden gemässigten Zonen, durch die Verringerung der Meridianabstände in die Tiefe gedrängt, stellenweise den Erdboden. Der Aequatorialstrom ist in Folge der Axendrehung der Erde auf der nördlichen Hemisphäre ein Südwestwind, auf der südlichen Halbkugel dagegen ein Nordwest.

Die Polarströme und Passate sind trockene Winde, denn der in denselben enthaltene Wasserdampf entfernt sich desto mehr von der Thaupunktstemperatur, in je südlichere Breiten er zieht. Diese Winde bedingen daher trockenes Wetter und heiteren Himmel. Die Passate ziehen mit grosser Regelmässigkeit zwischen den Wendekreisen, darum die Gleichmässigkeit der Witterung und Regenlosigkeit der von ihnen bestrichenen Meerestheile. Nur dort, wo die Passatwinde Land passiren müssen, über welchem sich andere Druck- und Temperaturverhältnisse als über Wasser ausgebildet haben, werden sie auch zu Regenwinden, wozu die gebirgige Natur des Festlandes nur noch beitragen muss. Die Aequatorialströme sind warme und feuchte Winde, sie lassen bei geringer Temperaturserniedrigung Wasser in Form von Regen (Schnee) fallen (Regenwinde).

A. Windverhältnisse der gemässigten Zonen.

Hier fliesst der aus Südwest und West kommende Aequatorialstrom nicht nur über, sondern stellenweise auch neben dem aus Nordost und Ost einfallenden Polarstrome, die Convergenz der Meridiane zwingt ihn, in tiefere Luftschichten herabzusteigen. Dieses Herabkommen des oberen Stromes, das Sicheinschieben in den unten fliessenden kalten Strom hat einen totalen Umschlag der Witterung über den von ihm in Besitz genommenen Landstriche zur Folge. Bei sinkendem Luftdruck und steigender Temperatur überzieht sich das Firmament anfänglich mit leichtem, fedrigem Gewölk, das nach und nach dichter wird, bis schliesslich das ganze Firmament mit einer grauen Wolkendecke überzogen ist. Nicht selten hat die Mengung der beiden ungleich temperirten Ströme Regen

(Schnee) zur Folge. Die Herrschaft des Aequatorialstromes dauert jedoch nicht allzu lange, denn die seitlich eindringende kalte Luft höherer Breiten, der Polarstrom, macht ihm den eroberten Kampfplatz streitig, bei steigendem Luftdruck und sinkender Temperatur heitert sich der Himmel auf, bis schliesslich der Polarstrom Herr der Situation geworden ist (siehe Zeichnung). Es ist keinem der beiden Ströme ein bestimmtes Bett angewiesen, ihre volle Freizügigkeit und ihr häufiger Wechsel sind Gründe dafür, dass der Verlauf der Witterungserscheinungen in der gemässigten Zone ein so wenig gleichartiger ist. Nicht immer geht aber der Witterungswechsel so glatt vor sich, wie eben geschildert wurde, nur zu häufig kann



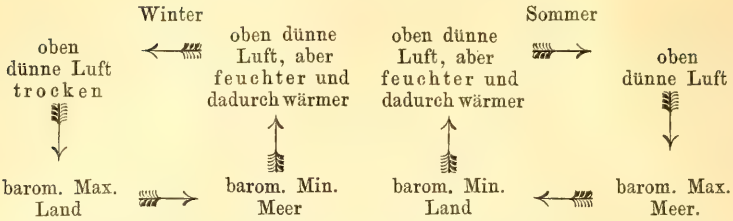
keiner der beiden Winde recht zur Geltung gelangen, was wiederholte Recidiven der Witterung zur Folge hat.

Fast scheint es so, als wäre bei der Unregelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Winde, die unsere Breiten charakterisirt, kein Gesetz für die Richtungsänderung (Drehung) derselben zu finden. Langjährige Beobachtung in Verbindung mit ernster Ueberlegung haben doch ein Gesetz, eine Regel im scheinbar Regellosen, auffinden lassen. Dove kat sein bekanntes Drehungsgesetz der Winde dahin formulirt: Auf der nördlichen Hemisphäre dreht sich der Wind wie der Zeiger einer Uhr von Nord nach Ost, Süd, West nach Nord, auf der südlichen Hemisphäre findet die Drehung im entgegengesetzten Sinne statt.

Gesetzt den Fall, es zeige die Windfahne Nordwind an, so wird derselbe, indem er Luft aus höheren Breiten ansaugt, durch die Erdrotation in Nordost und Ost übergehen, welche Richtung er so lange beibehält, bis der Aequatorialstrom aus Süd- und Südwest herankommend ihn nach Südost ablenkt. Diese resultirende Richtung ist jedoch von kurzer Dauer, da sich durch das allmälige Vordrängen des Aequatorialstromes die südöstliche Richtung des Luftstromes in Süd und Südwest verwandelt. Bei Südwest und West ist der Aequatorialstrom Herr des Kampfplatzes geworden, der ihm über kurz oder lang durch den von Nord sich einschiebenden Polarstrom unter Richtungsänderung in Nordwest und Nord bis Nordost abgenommen wird. Verfolgt man die Windfahne in der letztbezeichneten Partie der Windrose, so kann man nicht selten ein Zurückspringen derselben von Nord nach Nordwest und West wahrnehmen, das durch die neuerliche Unterdrückung des anfänglich zu wenig energisch auftretenden Polarstromes hervorgebracht wurde. Viel seltener findet das Zurückspringen der Windfahne von Südost über Ost nach Nordost statt, da die Aequatorialströmung sich von obenher ganz allmälig einschiebt und erst dann von der Windfahne angezeigt wird, wenn sie schon kräftig genug geworden ist.

Das Dove'sche Drehungsgesetz tritt in seiner vollen Reinheit gar selten zu Tage, denn die Winde sind nicht allein durch den Temperatursgegensatz zwischen Nord und Süd bedingt, es stellen sich oft andere Entstehungsursachen für sie ein, theils localer Natur, theils einer grossen und weitverbreiteten Luftdrucksstörung angehörend, die die Richtungsänderungen der Winde ganz anders gestalten.

Der grosse Kreislauf der Atmosphäre erleidet durch die Verschiedenheit im Verhalten von Festland und Wasser gegenüber der Wärme allerlei Modificationen, besonders durch die in mehr oder minder grossartigem Maassstabe sich entwickelnden Winde über den Festländern. Asien als der grösste Continent hat im Januar in Folge der beträchtlichen Abkühlung ein barometrisches Maximum in Ostsibirien, von welchem Luft gegen Indien, Persien und das nördliche Afrika, aber auch gegen das östlich liegende Meer abfliesst; im Sommer dagegen, wo an Stelle des barometrischen Maximums sich ein Druckminimum ausgebildet hat, wird Luft über Europa und vom indischen und chinesischen Meere her angesaugt. Es entwickelt sich dadurch ein ganz selbstständiges Windsystem über dem östlichen Asien und den benachbarten Meeren, das durch nachfolgendes Schema verdeutlicht wird.

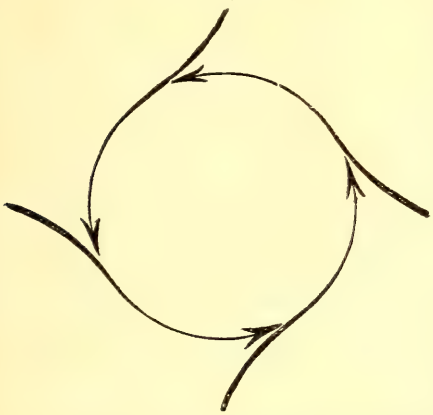


In den oberen Luftschichten fliesst die wärmere Luft im Winter vom Meere zum Lande, im Sommer ist dagegen die Landluft in ihren oberen Schichten vermöge des hohen Dampfgehaltes der vom Meere angesaugten und über dem Festlande aufsteigenden Luft feuchter, und daher in ihr die Temperatursabnahme mehr verzögert, als in der auf dem Meere aufliegenden Luftsäule, deshalb die umgekehrte Bewegungsrichtung der oberen Luft. Es ist demnach ein voller Kreislauf der Luft hergestellt, bei dem mit den Jahreszeiten die Richtung wechselt, daher der Name Monsuns (mit den Jahreszeiten wechselnde Winde). Im Winter herrscht der Nordostmonsun über dem nördlichen indischen Ocean, über Ostindien und China, im Sommer der Südwestmonsun mit intensiven Niederschlägen über Meer und Festland. Das chinesische Meer und seine Küsten haben im Winter trockene Winde aus Nordwest, im Sommer einen feuchten Südostmonsun, der Japan mit einbegreifend bis zu 60^0 nördl. Breite hinauf weht. Die Zeit des Ueberganges des einen Monsuns in den anderen (April und October) ist durch Unregelmässigkeit und Heftigkeit der Winde ausgezeichnet und für die Schifffahrt sehr gefährlich. Die Stürme im indischen Oceane (East Hurricans) und im chinesischen Meere (Typhoons) zeigen eine eigenthümliche, wirbelartige Bewegung der Luft. Europa hat Winter und Sommer, in Folge des über dem atlantischen Oceane zwischen $25—45^0$ nördl. Br. liegenden Druckmaximums, das im Sommer nur ganz wenig nach Süden rückt, vorwaltend südwestliche Winde, dies gilt besonders für die britischen Inseln und Norwegen, wogegen über Mitteleuropa häufig Winde von West und Nordwest ziehen.

B. Drehstürme (Cyclonen).

Bei der bedeutenden Auflockerung der Luft über den vom Golfstrome (S. 188) begünstigten Land- und Meerestheilen kommt es besonders zur Winterszeit zur Ausbildung erheblicher Luftdrucksdifferenzen. In den luftverdünnten Raum des barometrischen Minimums stürzt von allen Seiten her dichtere Luft, die auf ihrem Wege

durch die Erdrotation in eine durch nebenstehende Zeichnung ersichtlich gemachte Drehbewegung versetzt wird. Ueber demselben steigt sie auf, immer neue Luftmassen in spiralförmigen Bahnen in sich hineinziehend, es wandert dabei der Wirbel in aussertropischen Breiten von West nach Ost mit einer Geschwindigkeit von 40—80 Kilometer per Stunde. In der Mitte des Sturmfeldes herrscht Windstille, die Area derselben erweitert sich durch die Erdrotation während der Wanderung des Drehsturmes und erreicht manchmal einen Durchmesser von 30 Meil.



Die Wirbelstürme bewirken bedeutende Luftdruckstörungen, besonders in jenen Orten, über welche das Minimum im Wirbelcentrum wegschreitet. Ein rapides Sinken des Luftdruckes verkündet das sich Nähern des Centrums, ist dieses vorübergegangen, so erhebt sich die Quecksilbersäule annähernd auf ihren früheren Stand und die vorerst vom Orkan bis zur Windstille abgeschwächte Bewegung der Luft erreicht neuerdings die Intensität des Sturmes.

Für den Seefahrer ist diese auffällige, ganz unperiodische Aenderung des Luftdruckes beim Herannahen einer Cyclone von höchster Bedeutung, denn es ist ihm bei aufmerksamer Beobachtung des Barometers nicht nur die Möglichkeit geboten, alle Vorsichtsmassregeln auf dem Schiffe rechtzeitig zu veranlassen, er kann auch durch die von Buys Ballot angegebene Regel die Lage des Sturmcentrums bestimmen: „Stellt man sich so, dass der Wind in den Rücken des Beobachters bläst, so liegt das Sturmcentrum auf unserer Hemisphäre zur linken Seite des Beobachters (auf der südlichen Halbkugel zur rechten Seite)“. Der Seefahrer richtet darnach den Curs seines Schiffes so, dass er dem Centrum entgeht, und niemals den Sturm von vorne bekommt. In Gegenden, wo die Cyclonen in ihrem Verlaufe genugsam bekannt sind, wie z. B. im südlichen indischen Oceane, werden dieselben sogar zum rascheren vorwärtskommen benützt[1]) (Cyclonensegeln).

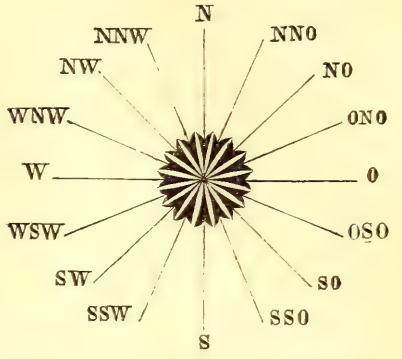
1) Näheres über Cyclonen und Sturmwarnungen gibt Lommel in: Wind und Wetter. München, Oldenbourg. 29. Lieferung der Naturkräfte.

Ueber die Entstehungsursache der Cyclonen herrschen gegenwärtig zwei Ansichten: die ältere Ansicht geht dahin, dass der Wirbel durch das Zusammentreffen ungleich gerichteter Luftströme entstehe, die neuere dagegen nimmt die durch kräftige Auflockerung der Luft sich ausbildende Barometerdepression als erste Ursache zur Wirbelbildung an. Diese beiden Ansichten unterscheiden sich nicht nur durch die verschiedene Erklärung der Entstehungsursache der Wirbel, sondern auch darin, dass bei ersterer Ansicht die Druckdifferenz als eine Folge der wirkenden Fliehkraft der rotirenden Luft angesehen wird, während die neuere Ansicht eine Druckerniedrigung als Bedingung zur Entstehung des Wirbels voraussetzt, und durch den Einfluss der Erdrotation auf die herzuströmende Luft die Drehbewegung entstehen lässt. Während die ältere Ansicht die Tendenz zur Wanderung des Wirbels und die ausschliessliche Drehung der Luft von rechts nach links (auf der nördlichen Hemisphäre) unerklärt lässt, gibt die neuere Erklärungsweise über beides befriedigenden Aufschluss. Die Tendenz zur Wanderung des Wirbels ist in der ungleichen Dichte der Luft an der Peripherie desselben gegeben, die östliche Partie zeigt sich wegen der hereingezogenen wärmeren und feuchteren Luft weniger dicht, daher die Tendenz, nach Osten hin zu wandern, und die Erdrotation bewirkt die ausschliessliche Ablenkung und Drehung der Luft von rechts nach links (auf der nördlichen Hemisphäre). Es bleibt nur noch die Thatsache zu erklären, woher die stete Krafterneuerung in dem wandernden Drehsturme komme. Die Kraftquelle dafür ist in dem Wasserdampfe der stets sich erneuenden Luft gegeben; die in ihm aufgespeicherte Dampfwärme wird in dem Momente entfesselt, wenn die in den Wirbel eintretende Luft nach aufwärts gerissen wird. Die Condensationswärme des Wasserdampfes erhöht den Auftrieb der Luft, die Druckverminderung im Centrum des Wirbels ist eine Folge der mechanischen Action der Fliehkraft. (Hann und Ferrel.) Reye und Loomis behaupten, die Druckverminderung werde hauptsächlich durch die Condensation des Dampfes in höheren Luftschichten bedingt, und schreiben der Fliehkraft eine sehr untergeordnete Bedeutung zu.[1])

Zur Beurtheilung der Windrichtung dienen Windrose (s. Zeichn. S. 167) und Windfahne. Nach der Stellung der letzteren in Beziehung zur ersteren wird die Windrichtung benannt. Die Windfahne ist auf dem Firste des Hauses oder auf einer Stange so aufzustellen, dass der von allen Seiten ungehindert zuströmende Wind sie leicht in horizontaler Ebene zu drehen vermag. Auch die Windstärke lässt sich messen und zwar entweder durch den Druck, den der Wind auf eine sich ihm stets in voller Fläche entgegenstellende verticale

1) Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Met. Bd. X. 1875. Nr. 6.

Platte ausübt, oder durch die Bestimmung des Weges, der vom Winde in der Stunde zurückgelegt wird (Windgeschwindigkeit). Die Messung der Windgeschwindigkeit wird durch das Robinson'sche Anemometer möglich, das der Hauptsache nach aus einem horizontal drehbaren Kreuze besteht, an dessen Balkenenden 4 Halbkugeln aus Blech vertical befestigt sind, und dessen nach abwärts gerichtete Axe eine Schraube ohne Ende trägt, mittelst welcher die vom Winde ausgeführten Drehungen des Schalenkreuzes auf ein Zählwerk übertragen werden. Aus der Umdrehungszahl des Schalenkreuzes berechnet man die Windgeschwindigkeit.[1]) In Ermangelung einer derderartigen Vorrichtung, die ziemlich kostspielig ist, ist man auf eine annähernde Schätzung der Windstärke angewiesen, indem man sich aus den Wirkungen des Windes auf Gegenstände der Erdoberfläche ein Urtheil über dessen Intensität bildet. Man drückt die Windstärke in Zahlen aus, die einer von 0—10 reichenden Skala entnommen werden, in welcher 0 völlige Windstille und 10 Orkan bedeutet.



C. Einfluss der Winde auf Temperatur und Feuchtigkeit der Luft.

Die Luftströmungen modificiren den Gang der Temperatur, des Luftdruckes und der Feuchtigkeit in hervorragender Weise, sie machen so zu sagen das Wetter. Das hartnäckige Anhalten eines ausgesprochenen Windcharakters bedingt Beständigkeit der Witterung, die bei herrschenden nördlichen (polaren) Winden, welche bei uns im Winter kalte und trockene Luft aus höheren Breiten bringen, eine trockene und relativ kalte sein wird, hingegen bei westlichen Winden feucht und warm. Im Sommer bringen die Winde aus N und NO und O warme und trockene Luft, die West- und Nordwestwinde dagegen kühle und feuchte Seeluft. Die Luftsrömungen sind es, die in unseren Breiten den unperiodischen Gang der meteorologischen Elemente verursachen, und da der Temperaturs-unterschied der beiden Hauptströme im Winter grösser als im Sommer ist, sind die Störungen im Gange der Temperatur im Winter am grössten. Der Umschlag des Windes von NO nach SW bedeutet so viel, als wären wir um einige Breitegrade nach Süden versetzt worden, und umgekehrt. Nicht allein die constanten Factoren: geographische Breite, Lage zur See und Höhenlage bestimmen

1) Nähere Beschreibung des Robinson'schen Anemometers in Jellinek's Anleitung zu meteorologischen Beobachtungen. Wien, Staatsdruckerei. 1869, und Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. II. Bd. S. 67.

den klimatischen Charakter einer Gegend, sondern auch, und dies im hohen Masse, die vorherrschenden Luftströmungen. Dies zeigt sich in den Temperaturverhältnissen der West- und Ostküsten der Continente. Auf der nördlichen Halbkugel stehen die Ostküsten der Festländer unter dem Einflusse vorwiegend kalter Winde, auf der südlichen Hemisphäre sind es die westlichen Küsten, die durch kalte Winde leiden und deshalb sind beide Gebiete in negativer Temperaturs-Anomalie. Betrachten wir die Temperaturverhältnisse der Westküsten der nördlichen und Ostküsten der südlichen Festländer, so sind sie überaus günstige, die vorherrschenden warmen Seewinde bedingen hier die Entstehung von Gebieten positiver Anomalie.

5. Der Wasserdampf der Atmosphäre.

Die Atmosphäre enthält seit den frühesten Erdperioden Wasserdampf, ausserdem wird durch die Verdunstung an den Oberflächen der Meere und des theils bepflanzten, theils unbepflanzten Bodens viel Wasser der Luft zugeführt. Der aufsteigende Wasserdampf vertheilt sich in den unteren Luftschichten allmälig, und zwar zunächst in den unmittelbar über dem Wasserbecken oder der Pflanzendecke liegenden Schichten, die von der Dampfquelle weiter entfernten Luftmassen werden durch feuchte Winde dampfreicher gemacht. Steigende Temperatur, trockene Luft, trockene Winde und sinkender Luftdruck begünstigen die Verdunstung der Feuchtigkeit an der Erdoberfläche.

Nach dem Dalton'schen Gesetze verbreitet sich der Wasserdampf in dem ihm gebotenen Luftraume so, als ob die Luft in ihm gar nicht vorhanden wäre, er übt einen ganz selbstständigen Druck aus, der von der eben herrschenden Spannung und Temperatur des Dampfes abhängt. Die Spannung erreicht für eine gegebene Temperatur ihr Maximum, wenn der Luftraum mit Dampf gesättigt ist. Neu hinzutretender Dampf bringt keine Steigerung des Dunstdruckes hervor, sondern wird zu Wasser verdichtet (condensirt). Auf Wasserflächen, über welchen Luft stagnirt, ist deren Dampf im Spannkraftsmaximum und die Luft mit Dampf gesättigt, es hört jede Verdunstung auf. Wird gesättigter Dampf abgekühlt, so verringert sich dessen Spannkraft unter theilweiser Condensation, bei stationär gewordener Temperatur zeigt die verbleibende gesättigte Dampfmenge ein dieser Temperatur entsprechendes Spannkrafts-Maximum. Gesättigter Dampf zeigt nachfolgende in Mill. Quecksilbersäule ausgedrückte Druckmaxima bei:

—10° C.	—5° C.	0° C.	5° C.	10° C.	15° C.	20° C.
2,1 Mm.	3,1 Mm.	4,6 Mm.	6,5 Mm.	9,2 Mm.	12,7 Mm.	17,4 Mm.

Der Barometerstand ist demnach nicht einzig und allein dem Luftdrucke, sondern auch zum Theile dem Dunstdrucke zuzuschreiben.

Die Luft ist in der Regel nicht mit Dampf gesättigt, sie kann noch Dampf aufnehmen. Der Sättigungsgrad der Luft wird dadurch angegeben, dass man den eben herrschenden Dunstdruck in Procenten des für die gegebene Temperatur möglichen ausdrückt. Es betrüge z. B. der Dunstdruck bei 10° C. 7,3 Mm., so ist, da die mögliche Spannung bei voller Sättigung 9,2 Mm. beträgt, der Sättigungsgrad 79,3 Proc. ($100 : 9{,}2 = x : 7{,}3$). Je näher der Dunstdruck dem Druckmaximum desto höher der Sättigungsgrad. Man nennt die Zahl, welche den herrschenden Dunstdruck angibt, die absolute Feuchtigkeit, den Sättigungsgrad relative Feuchtigkeit der Luft.

Die absolute Feuchtigkeit der Luft steigt mit der Temperatur. In den Tropen ist sie grösser, als in den kalten Gegenden des Polarkreises, ebenso wird wegen der raschen Abnahme der Temperatur mit der Höhe die Luft in den unteren Schichten dampfreicher sein, als in grossen Höhen.

Die relative Feuchtigkeit der Luft sinkt bei steigender Temperatur (wenn nicht neugebildeter Dampf nachrückt), hingegen steigt sie, wenn die Luft abkühlt. Die Luft ist in höheren Breiten relativ feuchter, als in den Tropengegenden, weil sie wegen der niedrigeren Temperatur näher der vollen Sättigung ist. Im Winter ist die Luft an ein und demselben Orte relativ feuchter, als im Sommer, in einiger Höhe über dem Boden ist die Luft mit Dampf gesättigt, darüber hinaus nimmt die Trockenheit rasch zu. Während die Luft über den Meeren bei ruhiger Atmosphäre mit Dampf gesättigt ist, bleibt sie in der Regel über den Küstenländern und noch mehr im Innern der Continente hinter der vollen Sättigung zurück.

In den Jahreszeiten einerseits und den Tagesstunden andererseits wird sich für einen Ort ein jährlicher und täglicher Gang der beiden Luftfeuchtigkeiten herausbilden.

Jährlicher Gang der absoluten und relativen Feuchtigkeit für Wien.

	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Temp. °C.	+0,2	—1,6*	+0,7	4,4	10,2	15,7	18,9	**20,6**	20,1	15,8	10,4	4,3
Abs.F.Mm.	3,7	3,6*	3,8	4,4	5,6	8,3	10,1	10,9	**11,0**	9,3	7,4	4,8
Rel. F. %	**84**	**84**	79	72	63	64	64	63*	66	69	76	80

1) Aus der allgemeinen Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny entnommen.

Täglicher Gang der absoluten und relativen Feuchtigkeit für Wien.[1])

Monat Juli.								
	3h Morg.	6h	9h	12h Mittags	3h	6h	9h	12h Nachts
Temp. °C. .	16,7*	16,8	20,2	23,0	**24,2**	23,3	19,8	17,7
Abs. Feucht .	10,7	10,5*	10,7	10,8	10,8	11,2	**11,4**	10,9
Relat. Feucht	**75**	74	61	51	48*	53	66	72

Mit steigender Temperatur erhebt sich der Dunstdruck und sinkt die relative Feuchtigkeit und umgekehrt. Auch im Gange der beiden Luftfeuchtigkeiten treten gar oft unperiodische Aenderungen ein, hervorgerufen durch störende Einflüsse, wie Winde, Bewölkung und Niederschläge u. s. f.

Die Zahlen für absolute und relative Feuchtigkeit werden durch Aufstellung und Ablesung von Hygrometern (Daniel, Saussure) und Psychrometern (August) erhalten. Näheres über die Principien und Einrichtungen dieser Instrumente geben die Lehrbücher der Physik. In neuester Zeit hat Prof. Klinkerfues in Göttingen ein Hygrometer construirt. Ein Zeiger stellt sich je nach dem Zuge von entfetteten und der Luft exponirten Menschenhaaren über einer Feuchtigkeitsprocente angebenden Skala ein und gibt dadurch direct die relative Feuchtigkeit der Luft an. Die Bestimmung des Thaupunktes geschieht durch zwei auf dem Instrumente angebrachte kreisförmigen Skalen, von denen die eine (Temperaturskale) beweglich, die andere (Feuchtigkeitsprocentskale) fix ist. Durch ein Thermometer wird die Lufttemperatur ermittelt, die bewegliche Skale so gestellt, dass die eben erhaltene Temperaturzahl der Procentzahl 100 gegenübersteht und dann die vom Zeiger angegebene Feuchtigkeitszahl an der Procentskala aufgesucht, die gegenüberstehende Temperaturzahl gibt den Thaupunkt.

Das Psychrometer von August gibt im Winter bei Temperaturen unter Null etwas zu hohe Feuchtigkeitszahlen, man kann diesen Fehler verringern, wenn man vor jeder Ablesung die Mousselinhülle des nassen Thermometers mit einem in destillirtes Wasser getauchten Pinsel befeuchtet, wodurch eine sehr dünne Eishülle entsteht. Etwa 10 Minuten nach der Befeuchtung kann zur Ablesung der beiden Thermometer geschritten werden.

Feuchtigkeitsverhältnisse der Waldluft.

Besondere Erwähnung verdienen die Feuchtigkeitsverhältnisse der Waldluft. In erster Linie wird deren absoluter Feuchtigkeitsgehalt (Dunstdruck) durch die Quantität des vom Boden und den Pflanzen abdunstenden Wassers bedingt. Da Waldboden besonders

1) Aus der allgemeinen Erdkunde von Hann, Hochstetter und Pokorny entnommen.

zur Sommerszeit viel reicher an Wasser ist als unbewaldeter Boden, so wird ersterer mehr davon, wenn auch langsamer, abdunsten können als unbewaldeter Boden. Wäre der letztere gleich wasserreich mit ersterem, so würde sich das Verhältniss umkehren, da die Temperaturs- und Windverhältnisse ausserhalb des Waldes der Verdunstung günstiger sind, und keine Streudecke die Verdunstung zurückhält. Die Waldluft ist zur Sommerszeit und in den wärmsten Tagesstunden absolut feuchter als Luft auf freiem Felde. Die relative Feuchtigkeit der Waldluft wird, selbst dann, wenn man gleiche absolute Feuchtigkeit in und ausser dem Walde voraussetzen dürfte, in letzterem wegen der durchschnittlich niedrigeren Temperatur höher und wieder im Sommer am hervortretendsten sein müssen, weil der Temperatursunterschied zu dieser Jahreszeit am grössten ist.

Für die erstere Aussage sprechen die Versuchsergebnisse Ebermayers nicht in so eclatanter Weise, wie für letztere. Ebermayer findet den Dunstdruck in der Waldluft nur um Unbedeutendes höher als auf freiem Felde (0,06″ im Mittel). Der Grund liegt darin, dass die Situation der bayr. forstl. Versuchsstationen in dieser Beziehung und folglich auch bezüglich der Vergleichung der Niederschlagsmengen keine sehr günstige ist, es gibt um den Wald herum zu wenig ausgedehnte unbewaldete Flächen. Dies wird von Ebermayer selbst in seinem Buche (pag. 203)[1] zugestanden. Für die relative Feuchtigkeit findet er hingegen die Unterschiede bedeutend, im Frühling zeigte das Psychrometer in der Waldluft im Mittel um 5,7, im Sommer um 9,28, im Herbste um 5,22 und im Winter um 5,24% mehr relative Feuchtigkeit an.

Kann der Wald die Feuchtigkeitsverhältnisse seiner nächsten Umgebung günstiger gestalten? Diese Frage ist von eminenter Wichtigkeit. Wenn man an der durch theoretische Folgerungen gestützten Aussage, die Waldluft ist zu gewissen Zeiten reicher an Wasserdampf als die der unbewaldeten Umgebung, festhält, so ist damit die Frage im bejahenden Sinne gelöst, die höhere relative Feuchtigkeit der Waldluft ist dabei von keinem Belange. Sowie trockene Winde bei ihrem Zuge über Wasserflächen an Wasserdampf reicher werden, so müssen sie es, vorausgesetzt, dass ihre Temperatur und ihr Sättigungsgrad im Vergleiche zur Waldluft eine Dampfaufnahme gestatten, auch bei Durchstreichung eines Waldgebietes von nicht allzu geringer Ausdehnung werden. Trockene und kühle Winde wärmen sich in der Waldluft

1) Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg 1873.

niedriger Breiten und nehmen Wassergas auf, sie verlassen den Wald in einem zu Niederschlägen geeigneteren Zustande, noch mehr bereichern sich trockene und sehr warme Winde, die über erhitzte kahle Flächen hergezogen kommen. Nur feuchtwarme Winde werden im Walde Wasser verlieren, da die niedrigere Temperatur der Waldluft den Thaupunkt erreichen lässt, und ferner solche, die längs bewaldeter Gehänge aufsteigen, da sie dabei ihre relative Feuchtigkeit in Folge stetiger Abkühlung erhöhen müssen. Die Waldluft erhebt sich bei Windstille zur Nachtszeit und saugt kältere Luft aus der Umgebung an, die letztere bereichert sich mit Wasserdampf und steigt mit in die Höhe, um ausserhalb des Waldes niederzusinken, oder eine niedrigziehende Wolke regendrohender zu machen, und andererseits wird bei Tage durch den über dem freien Boden aufsteigenden Strom nach diesem hin absolut feuchtere Waldluft aspirirt, wodurch die nächste und weitere Umgebung an Wasserdampf gewinnt. Der Wald wird also wegen seiner Feuchtigkeit aufspeichernden Wirkung zum Segen für die unbewaldete Umgebung, der Reichthum der Quellen und Sickerwässer ist dahin, wenn der Waldboden seiner pflanzlichen und ausgiebigen Beschirmung beraubt wird. Auch die Regenverhältnisse in der Umgebung werden, wie dies später gezeigt werden soll, durch den Wald zum Besseren gewendet.

6. Atmosphärische Niederschläge (Hydrometeore).

Die Dampfmenge, die ein gegebener Luftraum aufnehmen kann, ist durch die jeweilige Temperatur bedingt; steigt letztere nach eingetretener Sättigung, so kann noch Dampf aufgenommen werden, sinkt sie dagegen, so scheidet sich ein Theil des Dampfes in Form von Nebel und Tröpfchen aus.

Die Temperatur, für welche volle Sättigung vorhanden ist, und die zugleich die Grenze für die noch keine Condensation bewirkende Abkühlung bildet, heisst Thaupunkt. Dieser liegt z. B. für Dampf von 12,7 Mm. Druck bei 15° C.

Die Condensation des Wasserdampfes in der Luft, hervorgerufen durch Abkühlung oder Uebersättigen derselben mit Dampf, hat eine Reihe von höchst wichtigen meteorologischen Erscheinungen zur Folge, die Entstehung von Thau, Nebel, Wolken, Regen u. s. f., welche Ausscheidungen mit dem gemeinsamen Namen atmosphärische Niederschläge (Hydrometeore) belegt werden.

A. Thau und Reif.

Die Berührung der Luft mit kalten Körpern der Erdoberfläche bewirkt die Thaubildung. Die Erkaltung erfolgt zur Nachtszeit

durch Wärmeausstrahlung, besonders in wolkenfreien und windstillen Nächten. Baumblätter, Grasflächen, werden manchmal so stark bethaut, dass sie wie nach einem Regen triefen. Die zahllosen Spitzen der begrasten Fläche begünstigen die Ausstrahlung und erhöhen dadurch die Erkaltung und Bethauung. Der entstandene Niederschlag ist einem schwachen Regenfalle in seiner Wirkung gleichzusetzen. Es ist im Interesse der Land- und Forstwirthschaft gelegen, die durch Thaufall hervorgebrachten Niederschläge ziffermässig festzustellen; leider haben die in dieser Richtung unternommenen Messungen noch nicht das gewünschte Resultat geliefert. Die Quantität des Thauwassers richtet sich einerseits nach der Beschaffenheit der zu bethauenden Fläche, und andererseits sind Verluste durch Verdunstung nicht hintanzuhalten. Das Observatorium zu Montsouris stellte im Januar 1874 einen Regenmesser von emaillirtem Bleche und der Auffangfläche von 0,2 □Meter zur Thaumessung auf, daneben in gleicher Höhe einen Teller von gleichem Flächeninhalte, aber mit Erde bedeckt, es ergab sich, dass die Quantität des Thaues im Laufe des Jahres im letzteren Falle bis zu 50 Grm. anwuchs; im ersteren nur 2,5 Grm. betrug. Deshalb werden Thaubestimmungen, die für die Bodencultur Werth besitzen sollen, in der Weise auszuführen sein, dass man in Kästen mit bestimmter Auffangfläche Erde füllt, und die gefüllten und gewogenen Kästen am Abende exponirt. Tags darauf wird in den frühen Morgenstunden, etwa 6^h, die Gewichtszunahme ermittelt und daraus die Thaumenge berechnet. (10 Grm. Wasser entsprechen bei 0,2 □Meter Auffangfläche 0,05 Mm. Regenhöhe). Aber auch dann ist der Verlust durch Verdunstung noch nicht beseitigt.

Der Thaufall wird dort am meisten zu berücksichtigen sein, wo die Niederschläge selten und karg zugemessen sind. Bedeutend sind die Thaufälle unter den Tropen, wo bei dampfreicher Atmosphäre die Temperatur zur Nachtzeit erheblich sinkt, bei uns wird Waldboden, besonders im Gebirge, stark bethaut. Erlangt die wässrige Ausscheidung feste Aggregatsform, so wird sie Reif genannt. In unseren Breiten tritt bereits Reifbildung ein, die, wenn sie Folge eines Früh- (September) oder Spät- (Mai) Frostes ist, der Vegetation nicht unerheblichen Schaden zufügt. Ein Bedecken der Pflanzen in Gärten und die Erzeugung von massenhaften Rauchwolken mittelst künstlich erhaltener Feuer über weiteren Landstrecken bieten Schutz gegen Nachtfröste, indem sie die Ausstrahlung theilweise hindern. (Siehe S. 102.)

Bricht nach vorhergegangener kalter Winterwitterung ein feuchter Wind ein, so bildet sich an rauhen Körpern, wie Mauern, Sträuchern und Bäumen ein feiner, aus Eiskryställchen bestehender Ansatz aus

(Rauhfrost, Duftanhang), der der Landschaft ein echt winterliches Kleid verleiht, jedoch dann vom Nachtheile ist, wenn er die Tragkraft der Zweige und Aeste allzusehr in Anspruch nimmt und diese abdrückt.

Manchmal wird der Boden während des Winters, wo er in Folge anhaltender Kälte stark abkühlt, bei Eintritt feuchtwarmer Winde mit einer glatten Eisrinde bedeckt, die als Glatteis wohl bekannt ist.

B. Nebel und Wolken.

Geschieht die Ausscheidung des Wasserdampfes in der Luft in Form kleiner kugeliger Bläschen oder feiner Tröpfchen, so bilden sich dadurch die Bodennebel und in grösseren Höhen die Wolken. Die Grösse der Nebelbläschen schwankt je nach der Jahreszeit und dem mehr oder minder vorgeschrittenen Stadium der Condensation des sie bildenden Dampfes. Sie sind im Sommer kleiner als im Winter, vor dem Eintritt des Regens erreichen sie ihre Maximalgrösse, um hierauf in Tropfen zusammenzufliessen. Durchschnittlich zeigen die Nebelbläschen einen Durchmesser von 0,03 Mm. Ueber feuchten Gründen, Bächen, Flüssen und Seen bilden sich, besonders im Herbste gegen Abend, dichte, streifenförmige Nebel, die unmittelbar auf dem Boden aufliegen und erst bei beginnendem Morgensonnenschein unter allmäliger Erhebung in Dunst aufgelöst werden (Steigen des Nebels). Diese Bodennebel verdanken ihre Entstehung dem Herabsinken kälterer Luft. Zu derselben Jahreszeit werden auch durch das Eindringen der Luft aus höheren Breiten (Polarstrom) in die dampfreichere, dem Aequatorialstrome angehörige Luft dichte Nebel hervorgerufen. Ueberhaupt wird stets bei Mengung verschieden warmer und feuchter Luftschichten dann Nebel resp. Wolkenbildung auftreten, wenn die resultirende mittlere Dampfspannung die für die Ausgleichs-Temperatur mögliche überschreitet. Gesetzt den Fall, die kältere Luft zeige 10^0 C. Temp. und ihr absoluter Dampfgehalt sei gemessen mit 8,9 Mm., die wärmere dagegen 20^0 C. und ihr Dunstdruck betrüge 17,2 Mm., so wird, eine gleichartige Mengung und gleiche Quantitäten vorausgesetzt, eine Mitteltemperatur von 15^0 C. eintreten, für welche eine Dampfspannung von 12,7 Mm. möglich ist. Dieser Dampfspannung steht eine mittlere Dampfspannung von 13,05 Mm. gegenüber, folglich muss eine Ausscheidung von Wasserdampf eintreten. Erfolgt sie in Höhen, deren Temperatur unter dem Gefrierpunkte liegt, so nimmt die Ausscheidung feste Form an, die Wolke besteht aus feinen Eisnädelchen. Dies ist z. B. für Wien in Höhen von circa 3000 Meter der Fall.

Der aufsteigende Luftstrom veranlasst gar häufig Wolkenbildung. Die feuchte Luft erkaltet bei ihrer Erhebung unter den Thaupunkt und wird auch in höheren Schichten durch die kältere Umgebung abgekühlt.

Stösst ein feuchtwarmer Luftstrom auf ein Gebirge, so muss er an der Wand desselben hinaufsteigen und aus gleichem Grunde, wie vorhin angegeben, erkalten; die Berggipfel sind durch Nebelkappen (Wolkenhauben) gar häufig verdeckt und im Falle eines Niederschlages viel öfter beschneit als die Thalsohle.

Eine Wolke ist nichts Fertiges und Beständiges. Wenn sie auch dem Beobachter oft scharf begrenzt und fast unbeweglich erscheint, so geht in ihrem Innern doch ein continuirlicher Niederschlagsprozess vor sich, der die an den Rändern durch die Sonnenwärme aufgelöste Nebelmasse nachschafft. Die Wolke wird durch die vom Erdboden aufsteigende feuchte Luft gespeist, sie wächst an ihrem oberen Rande in demselben Maasse, als sie durch die allmälige Senkung in tiefere, wärmere Schichten unten abschmilzt. Hört der Luftstrom und damit die Dampfnahrung auf, so wird gegen Abend hin die Wolke ganz in unsichtbaren Dampf aufgelöst. Auch trockene Winde vermögen die Wolken aufzuzehren, feuchte Strömungen dagegen machen sie rasch anschwellen, gar bald ist der Himmel mit einer grauen Wolkenschichte überdeckt. Die Höhe, in welcher die Wolken ziehen, ist sehr wechselnd, am höchsten ziehen die sogenannten Schäfchen (8000 Meter und noch höher), Regen- und Gewitterwolken streichen meist tief, da sie dichter sind.

Bei meteorologischen Beobachtungen pflegt man die Form der Wolken, deren Zugsrichtung und den Grad der Bewölkung anzugeben.

Die Wolken werden bezüglich ihrer Form nach Luke-Howard in folgender Weise classificirt:

1. Die Federwolke (cirrus), fasrige, zarte Streifen bildend.

2. Die Haufenwolke (cumulus), dichte, rundliche Massen, die entfernt am Horizonte wie Schneeberge aussehen, sie sind die eigentlichen Schönwetterwolken.

3. Die Schichtenwolke (stratus), langgedehnte, hart am Horizonte sich hinziehende Streifen.

Zwischen diesen ausgeprägten Wolkenformen liegen:

a. Die fedrige Haufenwolke (cirrocumulus), Schäfchen, sie ziehen als Verkünder des einfallenden Aequatorialstromes in grossen Höhen und sind deshalb aus Eisnädelchen zusammengesetzt.

b. Die fedrige Schichtenwolke (cirrostratus) fedrige, oft den ganzen Himmel bedeckende Streifen.

c. Die streifige Haufenwolke (cumulostratus), aus vielen,

in die Länge gezogenen Haufenwolken bestehend, die, sich immermehr verdichtend und dabei sinkend, in die Regenwolke (nimbus) übergehen.

Die Richtung des Zuges der Wolken wird mittelst des Nephoskops von Aimé ausgemittelt. Dieses besteht aus einer horizontalliegenden Spiegelplatte, auf welcher zwei auf einander senkrechte Strichreihen mittelst Diamant eingeritzt sind. Man rückt die Spiegelplatte so lange, bis die Wolken mit einer der beiden Strichreihen parallel ziehen, und bestimmt mittelst Compass die Weltgegend, nach welcher diese Strichreihe weist.

Der Grad der Bewölkung wird in Zahlen von 0 bis 10 ausgedrückt. Bei ganz wolkenlosem Firmamente wird 0 geschrieben, 10 gilt für ganz bedeckten Himmel. Ist der Himmel nur theilweise bedeckt, so wird der Theil des Firmamentes, welcher nach im Gedanken vollzogener Zusammenschiebung der Wolken bis zur Berührung ihrer Ränder bedeckt erscheint, in aliquoten Theilen von 10 ausgedrückt.

Orte mit ausgesprochen oceanischer Lage haben meist trübes Firmament und dichte Nebel (London), Binnenländer zeigen trockene Luft, die zur Wolkenbildung weniger geeignet ist.[1]) Die Bewölkung hat insofern Einfluss auf den Gang der meteorischen Erscheinungen, als durch sie Temperatur und Feuchtigkeit der Luft tagsüber beträchtlich modificirt werden können.

C. Regen und Schnee.

Wenn die Nebelbläschen sich innerhalb der Wolke durch weitere Abkühlung oder durch neu hinzutretenden Dampf zu Tropfen vereinigen, so ist die Luft, selbst wenn sie im Aufsteigen ist, nicht mehr im Stande, die unzählig vielen Tropfen schwebend zu erhalten, sie sinken und fallen mit steigender Geschwindigkeit und an Grösse durch Ineinanderfliessen zunehmend als Regen zur Erde nieder. Man unterscheidet Nebelregen und Platzregen, ersterer besteht aus kleinen, letzterer aus grossen, schweren Tropfen; ferner Land- und Strichregen, je nachdem eine grössere Area oder nur einzelne Oertlichkeiten vom Regen getroffen wurden. Zu den Strichregen gehört auch der Gewitterregen.

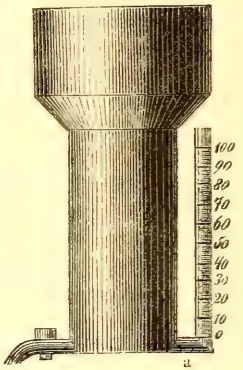
Manchmal geschieht es, dass der aus der Höhe niederströmende Regen in tieferen, wärmeren Luftschichten in Dampf aufgelöst wird, die grauen, von der Wolke ausgehenden Regenstreifen sehen in einiger Höhe über dem Horizonte wie abgeschnitten aus.

---

1) Begrünte Bodenflächen von nicht allzu geringer Ausdehnung machen die aufliegende Luft feucht und zur Wolkenbildung geneigter.

In grösseren Höhen geschieht die Ausscheidung des Dampfes in Form von Schnee, der beim Herabfallen in wärmere Luftschichten zu Regen wird, oder zur kalten Jahreszeit als solcher die Erde erreicht.

Zur Ermittelung der gefallenen Regenmenge dient der Regenmesser (Ombrometer). Er besteht aus einem sich nach unten verjüngenden Blechgefässe (siehe Zeichnung), das einen kreisrunden (auch quadratischen) Querschnitt hat. Als Auffangfläche wählt man 0,1 □Meter (ältere Instrumente haben 1 Par. □Fuss Auffangfläche). Nahe am Boden des Gefässes ist ein Hahn angebracht, der den Regen in ein cubicirtes Messgefäss ablaufen lässt. Das in Cubikcentimetern ausgedrückte Volumen ist durch die Anzahl der Quadratcentimeter der Auffangfläche (1000) zu dividiren, um die Regenhöhe in Centimetern, d. i. die Höhe, welche der wässrige Niederschlag auf dem Boden erreichen würde, wenn er weder in denselben einsickern, noch abdunsten und nach den Seiten abfliessen könnte, zu finden. Wenn Schnee fällt, so wird derselbe entweder durch Transportirung des Regenmessers nach der geheizten Stube zum Schmelzen gebracht, oder man giesst abgemessenes heisses Wasser in den an Ort und Stelle verbleibenden Regenmesser und bringt das Volumen des zugegossenen Wassers von dem durch die Messung erhaltenen Gesammtvolumen in Abzug.



Osnaghi hat den Regenmesser insoweit verbessert, als er nahe am Boden des Gefässes eine vertical gestellte Glasröhre in eine wagrechte kurze Messinghülse (in der Figur mit a bezeichnet) einkittet und an die Röhre eine Theilung anbringt, die unmittelbar die Millimeter Regenhöhe aus dem Stande des Regenwassers ersehen lässt. Nach der Ablesung lässt man das Wasser bis zur 0-Marke ablaufen.

Wollny empfiehlt statt des Abmessens des Regens und Schneewassers das Wägen derselben. Der Regen wird in einen tarirten trockenen Glaskolben aus dem Regenmesser laufen gelassen, der Schnee im Auffanggefässe direct abgewogen.[1]) Der Regenmesser soll von allen Seiten frei sein, damit die Niederschläge ungehindert in das Auffanggefäss fallen können. Der Abstand des Randes des Auffanggefässes vom Boden ist bezüglich der Quantität des resultirenden Niederschlages nicht gleichgiltig, da mit zunehmendem Abstande die Niederschlagsmenge abnimmt, es regnet ja auch die Luftschichte, welche zwischen Boden und dem Rande des Auffanggefässes liegt. Es ist Sache des internationalen Meteorologencongresses, ein einheitliches Maass für diesen Abstand zur allseitigen Durchführung zu bringen.

a. Jährliche Regenmenge eines Ortes und die sie beeinflussenden Factoren.

Wegen zu geringen Ausmasses an jährlichen Niederschlägen kann der Landwirth trotz aller Thätigkeit und Umsicht gar oft

1) Zeitschrift der österr. Ges. f. Met. Bd. X. 1875. S. 242.

nicht zu den von ihm erhofften Ernteresultaten gelangen. Von jeher wendet er diesem Theile der Witterungskunde seine volle Aufmerksamkeit zu, denn ein Mehr oder Weniger an jährlichem Niederschlag gestaltet die Bilanz im Buche des Landwirthes wesentlich anders.

Es handelt sich jedoch nicht nur um die Quantität des jährlichen Niederschlages, sondern auch um die Vertheilung desselben auf die einzelnen Monate, und gerade hierin sind consequent durchgeführte Messungen besonders lohnend, indem die aus mehrjährigen Beobachtungen hervorgehenden Durchschnittszahlen für die monatlichen Regenmengen werthvolle Winke bezüglich der Wahl der Feldfrüchte und der Zeit ihrer Bestellung dem Landwirthe an die Hand geben.

Es möge nun vorerst von den die jährliche Regenmenge eines Ortes beeinflussenden Factoren die Rede sein, diese sind:

1. Die geographische Lage des Ortes: geogr. Breite, Höhenlage und Nähe ausgedehnter Wasserflächen;
2. die vorherrschenden Winde und der Dampfgehalt der durch sie herzugeführten Luft.
3. Die Nachbarschaft von Gebirgen und deren Streichungsrichtung.
4. Die Nachbarschaft ausgedehnter Wälder.
5. Die Häufigkeit der Niederschläge (Anzahl der Regentage) und deren Dauer und Mächtigkeit.

α. Geographische Lage.

Die geographische Breite ist in so weit von Einfluss auf die jährliche Niederschlagssumme, als der höhere absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft niederer Breiten intensivere Niederschläge erwarten lässt. Die Regen innerhalb des Tropengürtels sind so gewaltig, dass es nicht mehr in Tropfen, sondern in Wasserfäden regnet, wogegen in unseren Breiten derlei wolkenbruchartige Regen seltener sind. Es kann übrigens auch in den gemässigten Zonen durch eine dem Regenfalle besonders günstige Situation eine jährliche Regensumme zum Vorscheine kommen, welche die der Tropenzone überwiegt, wie die Regentafel auf Seite 183 ersehen lässt. In der heissen und gemässigten Zone finden sich Gebiete, die, weil sie nahezu regenlos, zur Wüste und Steppe geworden sind. Höher gelegene Orte sind reichlich mit Niederschlägen bedacht, sie ragen in die mit Wasserdampf gesättigte Luftschichte, und, was noch viel wichtiger ist, es lassen die an der Berglehne aufsteigenden Winde viel Regen fallen.

Die Intensität der Niederschläge und deren Häufigkeit nehmen von der Küste gegen das Innere des Landes ab, dies zeigt sich

besonders im Sommer, jedoch können örtliche Verhältnisse (Gebirge, Wasserbecken) eine Zunahme der Niederschläge bewirken.

β. Winde.

Die Winde haben eine grosse Bedeutung für die Regenverhältnisse eines Landstriches. Ist letzterer vorherrschend solchen Winden ausgesetzt, welche Luft aus höheren Breiten bringen und weite Länderstrecken durchwandert haben, so wird dieser Landstrich wegen des geringen Dampfgehaltes der herbeiströmenden Luft an Regenmangel leiden. Die Winde aus Nord und Nordost sind bei uns trockene Winde, statt dass sie Regen fallen liessen, suchen sie sich unter allmäliger Erwärmung auf ihrer Wanderung in niedrigere Breiten an Wasserdampf zu bereichern; der Aequatorialstrom (Antipassat) aus Südwest und West ist ein Regenwind. Nicht etwa dass er Feuchtigkeit aus der Tropenzone brächte, dies ist ja wegen der niedrigen Temperatur der Höhen, in welchen er zieht, nicht zuzugeben, sondern, weil er beim Herabsteigen in tiefere Luftschichten und bis zur Erdoberfläche unter ergiebiger Erwärmung (1° C. für je 100 Meter) viel Dampf aufnehmen kann, um denselben in Folge Abkühlung durch den Polarstrom bei nächster Gelegenheit als Wasser auszuscheiden. Der Regen, der bei uns zur Sommerszeit oft in ganz beträchtlichen Quantitäten niederströmt, bringt Feuchtigkeit aus nächster Nachbarschaft und von dem Theile des atlantischen Oceans, der im Westen Europas liegt, und nicht aus der heissen Zone. Dies beweisen die Beobachtungen auf dem Pic von Teneriffa (canarische Inseln), wo Piazzi Smyth im August und September Feuchtigkeitsbestimmungen an der unteren Grenze des dort in einer Höhe von 3642 Meter ziehenden Aequatorialstromes ausführte. Er fand den Dunstdruck zu 4 Mm. im Mittel, die vorbeiziehende Luft kann daher erst in Gegenden einen Niederschlag hervorbringen, deren Temperatur auf den Thaupunkt von — 2° C. sinkt, was doch bei uns in den genannten Monaten nicht eintrifft. Für Mitteleuropa ist der Nordwestwind ein häufig eintretender Regenwind.

γ. Gebirge.

Die Gegenwart von Gebirgen hat wegen ihrer Temperatur erniedrigenden Wirkung eine höhere relative Feuchtigkeit der Luft zur Folge, besonders wenn die Berglehnen mit Wald und die Berggipfel mit Gletschern bedeckt sind. Zur Tageszeit, wo die vorliegenden Lande in ihrer Erwärmung weiter vorschreiten, tritt ein grosser Theil der die weniger besonnten Thalschluchten füllenden

Luft in das Flachland heraus und erzeugt hier eine jähe Temperatursdepression. Aber nicht die local auftretenden Bergwinde allein sind es, die die Niederschlagssumme erhöhen können, am ausschlaggebendsten sind die feuchtwarmen allgemeineren Luftströmungen (Seewinde), die den Gebirgskamm erklimmend fast allen Wasserreichthum auf der Windseite des Bergzuges zurücklassen. Die Orte auf diesem Abhang des Gebirgszuges haben überaus reichliche Regenfälle, wogegen der im Windschatten liegende Abhang und dessen Vorlande bis zur Steppe vertrocknen können. Beispiele dafür liefert das von Bergriesen eingeschlossene Plateau von Thibet und die Wüste Gobi (siehe Regentafel S. 183).

δ. Wald.

Eine in der letzten Zeit lebhaft discutirte Frage ist die: Beeinflusst der Wald die jährliche Niederschlagsmenge seiner Umgebung oder nicht? Die Antwort darauf ist aus dem bereits früher Gesagten zu entnehmen.

Bedenken wir, dass der Waldboden in allen Tiefen und zu jeder Jahreszeit kälter bleibt als unbewaldeter, dass die Verdunstung an seiner Oberfläche bei gleichem Wassergehalte durchschnittlich um $^1/_3$ geringer ist als auf freiem Felde, und die Temperatur der Waldluft, besonders zur Sommerszeit, bedeutend niedriger sich erhält, so ergiebt sich, dass der Waldboden feuchter bleibt als Ackerboden. Es ist dadurch die Erscheinung, die Ebermayer gefunden hat, erklärt, dass die in tiefere Bodenschichten eindringenden Sickerwässer im Waldboden zur Sommerszeit viel reichlicher sind, als im freien Feldboden, trotzdem der letztere mehr Regen empfängt, weil über ihm keine belaubten Aeste und Zweige hängen, die durchschnittlich $^1/_4$ des Niederschlages auffangen. Der Waldboden ist also ein Feuchtigkeitsreservoir, das für den reichlicheren Wassergehalt der Waldluft stetig sorgt. Wäre der Wald nicht da, so würde die Luft, da unter ihr der nachhaltend Feuchtigkeit spendende Boden und in ihr die wasserabgebenden Pflanzen fehlen, entschieden weniger Dampf empfangen, und ihr absoluter Feuchtigkeitsgehalt müsste geringer sein.

Ein durch den Wald streichender Wind bereichert sich mit Dampf, wenn auch nicht so stark, als wenn er über eine Wasserfläche geweht hätte, und es reicht eine geringere Temperaturserniedrigung auf seinem weiteren Wege hin, um aus ihm Regen herausfallen zu machen. Damit aber eine Bereicherung der den Wald durchziehenden Luftströme stattfinde, müssen diese trocken in denselben eintreten, nur dann wird der Dampfreichthum der Waldluft der Nachbarschaft zu Gute kommen. Dies setzt aber grössere un-

bewaldete Strecken voraus, auf welchen sich die Winde erwärmen können. Weise Vertheilung von Wald und Feld macht den ersteren zum Segenspender der Gegend.

Sehen wir nun nach den Resultaten, die Ebermayer's Versuche ergaben, so sprechen diese nicht zu Gunsten der so eben entwickelten Ansichten. Ebermayer spricht sich dahin aus, dass der Einfluss des Waldes auf die Niederschläge sehr gering sei in Ebenen allgemein gleichen Charakters, in höheren Lagen, in gebirgigen Gegenden habe er einen grösseren Einfluss, dort vermehre er die jährliche Regensumme. Die Versuche Ebermayers sind aber von dem Einwurfe nicht frei, dass zu wenig freies Land im Beobachtungsgebiete vorhanden ist.

Im Jahre 1874 haben Fautrat und Sartiaux die Lösung der Frage angestrebt. Sie stellten über den Domänenwald von Hallate (ein 5000 Hectaren umfassender 26jähriger Eichen- und Weissbuchenbestand) in einer Höhe von 6 Meter über den Wipfeln einen Regenmesser auf, und einen zweiten in 300 Meter Entfernung vom Walde in gleicher Höhe (14 Meter vom Boden). Während der sechs Monate Februar bis Juli ergab sich für jeden Monat ein grösseres Niederschlagsquantum über dem Walde, es fielen im ganzen Halbjahre über dem Walde 192,5 Mm., über dem freien Felde 177 Mm. Diese Versuche sind zwar in so weit nicht ganz maassgebend, als die für sie verwendete Zeit eine kurze ist und sie eigentlich keinen directen Beweis dafür erbringen, dass der freie, an den Wald grenzende Boden durch den Wald mehr Niederschlag erhält als ohne denselben; jedoch ist schon damit, dass während der sechs Monate über dem Waldgebiet mehr Regen fällt, als ausserhalb desselben, etwas gewonnen, indem zu den vielen Beweisen für die Möglichkeit der grösseren Bereicherung der Waldluft mit Wassergas noch ein neuer hinzukommt.

Es sind noch weitere Versuche abzuwarten; wir zweifeln nicht, dass die Frage dahin entschieden werde, dass der Wald wegen seiner wasseraufspeichernden Wirkung die Umgebung in günstigere Feuchtigkeits- und Niederschlagsverhältnisse zu versetzen vermag.[1])

ε. Häufigkeit der Niederschläge, deren Dauer und Mächtigkeit.

Die Häufigkeit der Niederschläge findet für einen bestimmten Ort in der Anzahl der Regentage ihren Ausdruck. Am Aequator

1) Sehr werthvoll sind die Erörterungen über den Einfluss des Waldes auf das Klima, wie sie Lorenz in seinem Lehrbuche der Klimatologie (Wien, Braumüller 1874) entwickelt.

regnet es fast jeden Tag, über den Aequator hinaus wird die Zahl der Regentage geringer, jedoch zeigt sich eine Zunahme derselben gegen höhere Breiten zu. So haben Süditalien 71, Oberitalien 88, Ungarn 112, Nordfrankreich und Belgien 152, Norddeutschland 154, Holland 170 Regentage im Jahre (Schneefälle mit eingerechnet).

Die Dauer des Niederschlages wechselt innerhalb weiter Grenzen. Manchmal fällt nur durch Bruchtheile der Stunde hindurch ein Niederschlag, manchmal regnet es mit wenigen Unterbrechungen tagelang. Die Dauer des Niederschlages ist nicht gleichgiltig für die Cultur, es wird ein schwächerer und dabei andauernder Niederschlag derselben zuträglicher sein, als ein plötzlicher, starker Regenfall. Ein zu schwacher Regen wird wegen rascher Verdunstung nicht in den Boden eindringen können, wogegen wolkenbruchartiger Regen den Boden zu nass und kalt macht und die austretenden Bäche und Flüsse Fluren und Ortschaften verwüsten. Der Landwirth liebt ausgiebige und zur rechten Zeit eintretende Niederschläge.

Die Mächtigkeit der Niederschläge ist von der geographischen Lage des Ortes und von der Jahreszeit abhängig. Regenfälle von über 30‴ = 70 Mm. während 24 Stunden sind in Oesterreich selten, dasselbe gilt für Regenfälle von 1″ = 28 Mm. während einiger Stunden. Ganz ausserordentliche Regenmassen fielen ausnahmsweise zu Catskil am Hudson (18″ = 504 Mm. binnen $7^1/_2$ Stunden). Im Jahre 1869 ist der Baikalsee bei eintretendem feuchtem östlichem Monsun in Folge Regen um 10 Fuss über sein gewöhnliches Niveau gestiegen, die gewaltigen Niederschläge haben das Land überschwemmt.[1]) Ganz regenlose Gebiete gibt es auf der Erde nicht, regenarme Gegenden sind: Die Sahara und lybische Wüste (18—30 n. Br.), ein Theil Arabiens und Persiens. Dieser Wüstengürtel setzt sich in nordöstlicher Richtung in Innerasien fort und findet seinen Abschluss in der Wüste Gobi. In Südafrika ist die Kalahari, in Nordamerika das Gila- und Coloradothal wegen der vorstehenden Randgebirge, die feuchte Winde auspressen, wüstenartig trocken. Südamerika hat an dem westlichen Küstensaume, in Peru und Nordchile regenlose Gebiete, nach Wojeikof ist es der hier anprallende Kaltwasserstrom (Humboldtströmung), der das Herankommen warmer feuchter Seeluft verhindert.[1]) Die Ostküste Patagoniens ist Wüste, die feuchten Westwinde müssen Gebirge übersteigen, bevor sie das Land treffen. Das Innere Australiens leidet ebenfalls an grossem Regenmangel. Reisende berichten einestheils über grosse Dürre, andrerseits über plötzliche, aber seltene Regengüsse.

1) Wojeikof, die atmosphärische Circulation. Ergänzungsheft Nr. 38 zu Petermann's geographischen Mittheilungen.

Es möge Einiges über den Grund der Regenarmuth der Sahara gesagt sein. Gewöhnlich wird als solcher der von Asien über Nordafrika ziehende Polarstrom angenommen; wenn dies auch für den Winter gelten mag, so doch gewiss nicht für den Sommer, wo das ansaugende am meisten erhitzte Festland Innerasien ist. Im Sommer ziehen Winde aus dem nördlich gelegenen mittelländischen Meere, wo der Luftdruck grösser als über der Sahara ist, über die Wüste hin, diese kühlen Winde können trotz ihrer hohen relativen Feuchtigkeit keinen irgendwie bedeutenden

Mittlere jährliche Regenhöhe für 50 Orte.[1])

Ort	Par. Zoll	Millimeter	Ort	Par. Zoll	Millimeter
Wien	21,2	574	Berlin	21,2	574
Linz	25,8	698	München	29,0	809
Prag	14,4	390	Paris	21,4	579
Rehberg (Böhmerwald)	62,3	1687	Bordeaux	24,4	660
Hohenelbe (Riesengeb.)	34,2	926	Madrid	15,0	407
Czernowitz	20,5	555	Lissabon	28,7	783
Ofen	16,7	452	Coimbra (Westküste Spaniens)	111,2	3010
Hermannstadt	23,9	647	Tiflis (Kaukasus)	18,1	491
Laibach	50,9	1387	Kutais „	52,5	1421
Triest	40,4	1093	Astrachan	4,6	124
Mailand	35,7	966	Peking	22,4	606
Rom	29,6	800	Fort Yuma (Coloradothal in Nordamerika)	2,7	75
Palermo	21,4	581	Sitka (Westküste Nordamerikas)	83,2	2252
Nordfuss der Alpen.			New-York	44,4	1201
Einsiedeln (Schweiz)	61,1	1653	Buenos Aires	31,8	860
Tegernsee	43,9	1188	Valdivia	102,2	2768
Salzburg	40,6	1098	Suez	1,0	28
Südfuss der Alpen.			Algier	29,2	791
Tolmezzo (bei Udine)	90,0	2437	Capstadt	22,6	613
Raibl (Kärnthen)	75,9	2055	Melbourne (Australien)	27,1	733
Alpenpässe.			Hokitika (Westküste von Neuseeland)	104,8	2836
St. Bernhard	46,2	1252	**Tropische Regen.**		
Stilfserjoch	85,4	2312	Singapore	84,2	2280
London	18,1	490	Sierra Leone	118,4	3195
Dublin	27,3	739	Cayenne	121,9	3301
Seathwaite (Westküste von Schottland)	133,4	3612	Cerra-Punjee	524,5	14198
Stockholm	19,3	523			
Bergen	83,2	2252			

1) Aus Hann's meteorologischem Theile der allgem. Erdkunde entnommen.

Niederschlag hervorbringen, da die Wüstenluft trocken und heiss ist.

Wüsten sind keine geologischen, sondern meteorologische Producte, nicht die Unfruchtbarkeit des Bodens ist es, die keine Pflanzendecke aufkommen lässt, sondern die Wasserarmuth der hinziehenden Luft.[1])

Als regenreichster Ort erscheint Cerra Punjee (14198 Mm.), es verdankt dem feuchten Südwestmonsun und der hinter dem Ort steil ansteigenden Küste seinen reichlichen Niederschlag, diesem gegenüber steht Suez mit 28 Mm. (S. Tab. S. 183.) Der Vergleich der Regensummen von Rehberg, Prag und Hohenelbe lässt die Abhängigkeit der Niederschlagsmengen von der An- oder Abwesenheit von Gebirgen recht deutlich hervortreten. Der feuchte Südwest verliert am westlichen Abhange des Böhmerwaldes einen grossen Theil seiner Feuchtigkeit als Regen, im Innern des Bergkessels viel weniger, um beim Ansteigen über das Riesengebirge wieder regenreicher zu werden. Winde, die erst in breite Thäler eintreten, werden, wenn sich diese späterhin verengern und dabei ansteigen, fast ganz der Feuchtigkeit beraubt (ausgepresst). Süd- und Nordabhang der Alpen zeigen ungleiche Regenmengen (vergl. Tolmezzo und Salzburg). Der Unterschied wäre noch grösser, würde nicht der so häufig einfallende Nordwest die Nordabhänge regenreicher machen; reiner zeigt sich die Differenz zwischen Windseite und Leeseite im Kaukasus (Kutais, Tiflis) und an den Cordilleren (Sitka, Fort Yuma).

Die Menge der Niederschläge nimmt von der Küste gegen das Innere des Festlandes ab (Lissabon, Madrid). Die tropischen Regen (Cayenne, Singapore) gehören vorwiegend dem aufsteigenden Luftstrome an.

b. Vertheilung des Regens auf die Jahreszeiten.

Nachdem im Vorhergehenden die jährliche Niederschlagsmenge für verschiedene Orte in Betracht gezogen wurde, soll nun auch der Vertheilung derselben auf die einzelnen Jahreszeiten gedacht werden. Es ist gerade dieses Moment für den Landwirth von eminenter Bedeutung.

Die Vertheilung der Regen ist auf der Erdoberfläche eine solche, dass man Zonen mit Regen zu jeder Jahreszeit und Zonen

1) Die Ausfüllung des Timsah-Sees und der Bittersalzseen beim Baue des Suezkanals macht bereits günstige Wirkung, es gibt jetzt dort bewölkte Tage und regelmässig eintretende Regentage.

mit periodischem Regenfall unterscheiden kann. Der 40. Breitegrad bildet die Grenze beider — nördlich von demselben liegen die Gebiete mit regellosen Winden, daher Niederschläge zu jeder Jahreszeit, — südlich davon die sogenannte subtropische Zone, die wegen des im Winterhalbjahre etwas nach Süden rückenden Passatgürtels aus der Passatregion heraustritt und Winterregen hat[1]), und die Tropenzone, deren Orte, die Region der Windstillen mit fast täglichem Regen ausgenommen, beim Eintritte des Zenithstandes der Sonne Regenzeit bekommen. Zu den periodischen Regen zählen auch die Monsunregen Ostasiens und Indiens, die sich bis 50° n. Br. hinauf erstrecken.

In der Zone mit Regen zu jeder Jahreszeit lassen sich wieder Gebiete mit vorwiegendem Sommerregen und solche mit Frühlings- und Herbstregen (Aequinoctialregen) unterscheiden. So zeigen Orte nahe der subtropischen Zone noch kein Sommermaximum, die Niederschläge fallen zumeist im Frühling und Herbste, so in Rom, Mailand, Triest, Görz, während Graz, Wien und das ganze mittlere Deutschland zur Sommerszeit die ausgiebigsten Niederschläge erhalten. Ein grosser Theil der sommerlichen Niederschläge gehört aber auch dem aufsteigenden Luftstrome an, der gerade zur Zeit der höchsten Erwärmung des Festlandes am mächtigsten ist, und häufig Gewitter entstehen lässt.

In Oesterreich sind nach Lorenz[2]) zwei Hauptzonen bezüglich der Zeit des Regenfalles zu unterscheiden: 1) Die Zone der Aequinoctialregen (Herbst und Frühling) in den Karstländern und 2) die Zone der Sommerregen. Die letztere umfasst den grössten Theil der Monarchie und zwar: a) Bezirk des Böhmerwaldes, der ungeachtet der geringen Erhebung des Bergrückens viel Feuchtigkeit den von Südwest und Nordwest kommenden Winden entzieht (vergl. Regenmenge von Rehberg); b) das böhmische Binnenbecken mit seinen seltenen, aber zeitweise sehr heftigen Niederschlägen; c) die Central- und Nordkette der Alpen, erstere zwingt die von Süd und Südwest kommenden feuchten Winde zum Aufsteigen und damit zu Niederschlägen, letztere wirkt in gleicher Weise auf die im mittleren Deutschland vorwiegenden feuchten West- und Nordwestwinde ein. Vorarlberg, Tirol und Salzburg zeigen mehr Niederschläge als die östlicher gelegenen Gebiete dieser Zone, nämlich das nördliche Steiermark und jener

1) Zur subtropischen Zone mit Winterregen gehören die Mittelmeerländer, Californien bis zum Puget-Sund, auf der südlichen Hemisphäre: Chile, Argentinische Staaten, Brasilien, Capland und das südliche Australien.

2) Lorenz und Rothe, Lehrbuch der Klimatologie. Wien, Braumüller 1874.

Theil Oesterreichs, der zwischen Donau und dem Nordrande der Alpen liegt; d) das nördliche Vorland der Alpen (oberes Donauthal von Passau bis an den Rand des ungarischen Beckens). Die Niederschlagssummen nehmen von Westen nach Osten ab, das Wienerbecken und die mährische Marchbucht sind weniger mit Regen bedacht als das obere Donauthal, das noch an der Luftfeuchtigkeit der Alpen und des Böhmerwaldes participirt (vergl. Wien und Linz auf der Regentafel); e) das östliche Vorland der Alpen (der äusserste Südosten von Nied.-Oesterr., Mittel- und Untersteiermark, Unterkrain, das westliche Randgebiet Ungarns, Binnenkroatien und Slavonien) hat in seinen südlicheren Theilen wegen der angrenzenden Zone der Aequinoctialregen im Frühling und Herbste warme Regen; f) die Karpathenländer (Oberungarn) mit mässigem Regenfall; g) der sarmatische Bezirk (Ostgalizien und Bukowina). In diesem Bezirke fällt im Juni und Juli der meiste Regen, wogegen der Herbst trocken ist; h) die ungarische Tiefebene, welche durch grosse Trockenheit im Sommer und spärlichen Regenfall charakterisirt ist. Die Luft, welche über die weite gleichförmige Ebene hinzieht, hat theilweise Gebirge passirt und ist wenig zu Niederschlägen geneigt und der im Sommer aufsteigende heisse Luftstrom zehrt viele der über die Ebene wegziehenden regendrohenden Wolken auf. Das Land hat wegen der häufigen Dürre viele Missjahre; i) das siebenbürgische Binnenland mit vorwaltendem Mai- und Juniregen.

Sehr eingehende und erfolgreiche Studien über Grösse und Vertheilung der jährlichen Niederschläge hat Prettner für Kärnthen gemacht[1]).

D. Graupeln und Hagelkörner.

Schliesslich möge noch der selteneren Niederschlagsformen: Graupeln und Hagelkörner gedacht werden. Die Graupeln bilden sich aus Schneeflocken, welche bei stürmischem Wetter nahe dem Gefrierpunkte zur Erde fallen. Schneeflocken und Graupeln sind Ausgangspunkte für die Bildung der Hagelkörner. Diese entstehen durch Ablagerung von erstarrendem Wasser auf den in der Luft schwebenden Graupelkörnern (Schneeflocken) in dampfreicher Atmosphäre, deren Temperatur durch plötzliche Abkühlung bis unter den Thaupunkt, ja bis zum Gefrierpunkte, gesunken ist. Die Entstehung dieser so gewaltigen Temperatursdepression bei gleich-

1) Die Vertheilung der Hydrometeore in Kärnthen. Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Met. Bd. VIII. 1873. S. 145.

zeitiger bedeutender Wärmeentwicklung durch Condensation von Wasserdampf und hoher Temperatur der über dem Boden liegenden Luftschichten ist auf verschiedene Weise erklärt worden. Mohr sieht die Ursache in einem herabstürzenden kalten Luftstrome, Reye dagegen in dem von der Erde rasch aufsteigenden heissen und feuchten Strome, der dadurch einen so energischen Trieb nach aufwärts erhält, dass über ihn sich kalte Luft einschiebt. Dies ist dadurch möglich, dass die höheren nach dem Gewitterherde hinziehenden kalten Luftschichten auf ihrem Wege den tieferliegenden vorauseilen, denn letztere reiben sich an der Erdoberfläche und auf diese Weise wird die ruhige und heisse Luft des Terrains von oben her durch kalte Luft umhüllt. Der dadurch herbeigeführte labile Gleichgewichtszustand der Luft ist von kurzer Dauer, die untenliegende feuchte Luft steigt, durch Condensationswärme beschleunigt, enorm rasch nach aufwärts, ihre Temperatur sinkt während des Aufsteigens bis zum Eispunkte. Diese Ansicht Reye's erklärt so manche Erscheinung, die bei Hagelfällen beobachtet wurde, so z. B. das strichweise Auftreten des Hagelschlages, was doch auf örtliche Einflüsse zurückgeführt werden muss. Prettner hat in Kärnthen die Erfahrung gemacht, dass über grossen Thalmulden am häufigsten Hagel fällt; es mangelt diesen ein Temperatursausgleich durch seitliche Luftströmungen, daher erhitzen sie sich in der wärmeren Jahreszeit mehr als enge auslaufende Gebirgsthäler. Im Frühsommer, wo die Temperaturdifferenz zwischen der auf dem rasch an Temperatur zunehmenden Boden aufliegenden Luft und den noch winterkalten höheren Schichten sehr gross ist, treten Gewitter mit Hagel auf. Mai und Juni sind diesbezüglich die gefährlichsten Monate; der Hagel fällt gewöhnlich in den ersten Nachmittagsstunden, wo die Temperatur der unteren Luftschichten das Maximum erreicht.

7. Meeresströmungen.

Es wurde schon früher auf die wärmende Wirkung der Warmwasserströme des Meeres hingewiesen, indem die über ihnen liegende Luft nach dem benachbarten Festlande strömt und die Strenge des Winters mildert. Andererseits wird ein Kaltwasserstrom die gegentheilige Wirkung üben, er drückt die Temperatur seiner Umgebung unter die normale Grenze. Diese modificirende Wirkung der Meeresströmungen erstreckt sich nicht allein auf die Temperatur, sondern auf alle meteorologischen Elemente und darum darf sie in unseren Erörterungen nicht übergangen werden.

Die Motive für die Strömungen der Meere sind noch nicht alle bekannt, das eine ist gewiss, dass einerseits der Temperaturs-unterschied von ca. 30° C. zwischen den Gewässern der Tropenzone und dem arktischen Meere, andererseits die durch die Erdrotation wachgerufene Fliehkraft ein Strömen des Meeres veranlassen. Mehr locale und in geringe Tiefen reichende Strömungen werden durch Winde hervorgebracht (Driftströme). Die Temperaturs-differenzen zwischen Aequator und Pol bewirken den Austausch der Gewässer in süd-nördlicher Richtung, die Fliehkraft macht den gewaltigen von Osten nach Westen gerichteten Aequatorialstrom entstehen, der an den Continenten umbiegend nach höheren Breiten gedrängt wird, wo er, sowie die nach Süden ziehenden kalten Wasser, dem allgemeinen Gesetze der Ablenkung nach rechts (auf der südl. Halbkugel nach links) unterworfen ist. Der Aequatorialstrom ist vermöge der hohen spec. Wärme und Temperatur des Wassers eine Luftheizung im wahrsten Sinne des Wortes, wogegen die Eisberge führenden Kaltwasserströme Nebel und niedere Temperaturen in ihrer Nachbarschaft erzeugen. Für das nord-westliche Europa existirt im Golfstrome ein ergiebig wärmender Wasserstrom, er ist ein Zweig des Aequatorialstromes, der im mexikanischen Golfe umbiegend in Folge der Erdrotation nach Nordost abgelenkt, die Küsten der britischen Inseln und Norwegens bespült, ja selbst Nowaja Semlja und Spitzbergen erreicht. Sein Einfluss drückt sich am deutlichsten in dem Verlaufe der Jännerisothermen aus, diese erscheinen zu mächtigen convexen Scheiteln über Island und den von dieser Insel nordöstlichen gelegenen Meerestheilen aufgethürmt. Wir dürfen im Winter in Europa den Gegensatz der Temperaturen nicht in der Richtung von Süd nach Nord suchen, sondern von West nach Ost. Das mittlere Deutschland bis zur Elbe, das westliche Böhmen und die nördlichen Vorlande der Alpen verspüren noch die wärmende Wirkung des Golfstromes im Winter, indem die aus West und Nordwest einbrechenden Winde laue Luft bringen.

Nordamerika, an dessen östlichem Ufer der Golfstrom vom Cap Sable bis zum Cap Hatteras in geringem Abstande vom Festlande vorbeifliesst, gewinnt nichts von dem wärmenden Einflusse der über dem Strome befindlichen Luft, denn die im Winter vorherrschenden nordwestlichen Winde lassen die Seeluft nicht oft das Land erreichen, und dann zwängt sich zwischen Festland und Strombett ein kalter, von der Davisstrasse herabtreibender Strom, die sogenannte „kalte Mauer“ oder Labradorströmung. Die Winter in den vereinigten Staaten Amerikas sind in der Regel strenge, das Jännermittel ist durchschnittlich um 10° C. zu niedrig,

in einer der Lage von Neapel correspondirenden Breite gefriert zuweilen das Quecksilber im Thermometer, wogegen die Winter in Island, Schottland und an der Westküste Norwegens in auffallend positiver Anomalie um 15—18° C. zu warm sind. An der Ostküste Amerikas treiben die Eisberge bis in Breiten von Mainz herab, die Bewohner gehen dort auf Eisbärenjagd, während die Lappen auf dem Nordcap Europas nie einen Eisberg sehen. In Hammerfest unter 70° n. Br. kommt der Kirschbaum noch zur vollen Blüthe und gedeiht Roggen noch ganz vortrefflich.

Der Aequatorialstrom entsendet am Cap S. Roque einen Zweig nach der brasilianischen Küste bis zu den Falklandsinseln hinab und begünstigt dadurch die ganze Ostküste Südamerikas, dies gilt auch von dem Mozambiquestrom an der Ostküste Afrikas.

Im pacifischen Ocean entwickelt sich ebenfalls ein von Ost nach West gerichteter Warmwasserstrom, dessen einer Zweig an der Insel Formosa und der Ostküste Japans entlang als Kuro siwo (schwarzer Strom, wegen seiner tiefblauen Färbung) die Aleuten und selbst noch die nordwestliche Küste von Amerika bespült; die Ostküste Asiens gewinnt aber nichts dabei. Der andere Zweig des Aequatorialstromes fliesst an der Ostküste Australiens vorbei.

Wir sehen die Ostküsten der Continente auf der südlichen Hemisphäre begünstigt, die Ostküsten der Festländer der nördl. Halbkugel vernachlässiget, die Westküsten auf unserer Hemisphäre im Vortheile, die der südlichen dagegen im Nachtheile, denn die chilenische und peruanische Küste wird von der mächtigsten Kaltwasserströmung, der Humboldtströmung, getroffen und ebenso werden Westafrika und die australische Westküste von dem südlichen Eismeere entstammenden Strömen benachtheiligt.

Die Luftströmungen beeinflussen in analoger Weise die östlichen und westlichen Küsten der Continente der beiden Hemisphären.

8. Die Luftelektricität und die Gewitter.

Die Luft ist zu jeder Zeit mehr oder weniger elektrisch, frei aufragende Spitzen geben an ihrem unteren Ende mittelst empfindlicher Elektroskope deutlich elektrische Ladung zu erkennen. Franklin (1752) und De Romas (1757) haben die Identität der Luftelektricität mit der durch Reiben von Glas erhaltenen Elektricität nachgewiesen. Die Beobachtungen, welche Wislicenus in St. Louis am Mississippi durch 10 Jahre mittelst eines

Dellmann'schen Elektrometers anstellte, haben ergeben, dass die Luft meist positiv geladen ist, und desto mehr, je feuchter sie ist; er fand im Winter und in höher gelegenen Luftschichten stärkere Ladungen als im Sommer und in den untersten Schichten. Negative Ladung zeigte sich bei Gewittern, auch bei gewöhnlichen Landregen und bei Stürmen. Die Ausscheidungen des Wasserdampfes aus der Luft, als Nebel, Wolken, Regen etc. sind elektrisch. Tissandier liess bei einer Luftfahrt am 17. Februar 1873 einen 200 Meter langen Kupferdraht, der in eine Kupferkugel nach oben endigte, in eine unter ihm befindliche Wolke tauchen, die Kugel gab Funken an den genäherten Fingerknöchel ab und war negativ geladen.

Die Quellen für die Elektricität der Luft sind noch nicht mit Sicherheit aufgefunden. Pouillet bemerkte, dass der aus siedenden Salzlösungen aufsteigende Dampf elektrisch sei, er folgerte weiter, dass der aus den Meeren aufsteigende Wasserdampf Elektricität der Luft mittheile. Nach anderen Forschern ist der Vegetationsprocess der Pflanzen eine Elektricitätsquelle. Riess und Reich haben beide Ansichten durch Experimente zu bestätigen gesucht, jedoch ohne Erfolg. In neuerer Zeit hat der jüngere Peltier die Hypothese aufgestellt, dass die Erde eine gewisse Menge negativer Elektricität besitze und diese der aufliegenden Dampfhülle mittheile. Isolirte Dampfmassen, wie Wolken, werden durch Influenz elektrisch.

Seien nun die Quellen welche immer, so viel ist durch zahlreiche Versuche festgestellt, dass die Ladung im normalen Zustande der Atmosphäre eine sehr schwache und nur mittelst empfindlicher Instrumente nachweisbare ist. Wie lassen sich nun die ganz colossalen Spannungen erklären, wie sie bei Gewittern auftreten? Was verhilft da zu so mächtigen Aufspeicherungen von Luftelektricität, so dass der Entladungsfunke als Blitz meilenweite Distanzen in kaum messbarer Zeit durcheilt?

Jede reichliche und plötzliche Ausscheidung von Wasser aus der Luft bringt eine Verdichtung des elektrischen Zustandes auf der entstehenden Wolke mit sich. Die Wolke erscheint stark geladen, der aus ihr fallende Niederschlag ist elektrisch. Die Ursachen zur Temperaturserniedrigung sind: Mengung ungleich temperirter feuchter Luftströmungen und die Aufwärtsbewegung feuchter Luft (courant ascendant).

Die erstere Ursache wirkt auf weitere Bezirke hin, durch sie ist das Hinwegschreiten von Gewittern über ganze Länderstrecken erklärt, die letztere Ursache ist eine locale, sie gelangt aber auch zur ausgedehnteren Wirkung, wenn ein Luftwirbel (Cyclone) sich

aufmacht und verheerend weiter zieht, sein vorderer Rand ist ein stetiger Gewitterherd.

Es mögen hier nur die europäischen Verhältnisse bezüglich des Charakters und der Häufigkeit der Gewitter erörtert werden.

In milden Wintern bilden sich an der Westküste Europas, in Frankreich, Schottland, Island und Norwegen nach längerem Südwest durch das jähe Einfallen des kälteren Nordwestes nicht selten Gewitter aus, im Innern Europas ist die Luft dazu zu arm an Wasserdampf, dagegen kann zur Sommerszeit durch die gleiche erkältende Ursache Gewitterbildung eintreten, es gehören jedoch die meisten Sommergewitter Deutschlands, Oesterreichs und Russlands dem aufsteigenden Luftstrome an.

In der warmen Jahreszeit kommt es bei sonnigem, nahezu windstillem Wetter zu einer intensiven Erwärmung der unteren Luftschichten. Warme Luftsäulen steigen auf, kältere senken sich, um erwärmt aufzusteigen, dieses Spiel auf- und absteigender Ströme erneuert sich mit jedem Tage, eine drückende Schwüle macht sich allerorten fühlbar. Die Ueberhitzung der unteren Schichten gedeiht so weit, dass das sonst stabile Gleichgewicht der verticalen Luftsäule ein labiles wird, der geringste Impuls, etwa Condensation von Dampf in den oberen Schichten durch dampfreichen herabsinkenden Aequatorialstrom, genügt, ein kräftiges Emporstrudeln der unteren Luft nach oben hervorzubringen. Massenhafte Bildung von regendrohenden Wolken mit elektrischen Entladungen ist die Folge der bedeutenden Abkühlung des aufsteigenden Stromes. Das majestätische Schauspiel des Gewitters ist von kurzer Dauer, da die unteren Luftschichten durch Regen und Verdunstungskälte abgekühlt, die oberen dagegen durch die Condensation des Dampfes erwärmt werden, womit der stabile Gleichgewichtszustand der Atmosphäre wieder hergestellt erscheint.

Die Gewitter des Calmengürtels und der Tropenzone haben dieselbe Entstehungsursache.

In den Gebirgen treten häufiger Gewitter auf als auf dem Flachlande, weil der aufsteigende Strom an den bewaldeten Berglehnen sich mehr mit Wasserdampf beladen kann.

Die Häufigkeit der Gewitter und ihre Vertheilung auf die Jahreszeiten wir durch nachfolgende Tabelle ersichtlich.[1])

---

1) Hann, Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie. Bd. VI. 1871. S. 57.

	Jahr	Zahl der Gewitter.				Procente			
		Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Nordseeküste	14,8	0,7	3,5	8,8	1,8	5	23	60	12
Deutschland	19,8	0,3	4,9	13,0	1,6	1	25	66	8
Oestliche Alpenländer .	23,3	0,1	4,5	16,1	2,6	0	20	69	11
Ungarn u. Siebenbürgen	18,9	0,0	4,8	12,5	1,6	0	25	66	9
Galizien	16,9	0,1	3,9	11,5	1,4	0	24	67	8
Westrussland	15,1	0,0	3,2	11,0	0,9	0	21	73	6
Ostseeprovinzen . . .	9,2	0,0	1,7	7,1	0,4	0	18	77	4
Nordrussland	8,3	0,0	2,2	7,2	0,0	0	23	77	0
Mittelrussland	13,9	0.0	2,5	10,0	1,0	0	19	74	7
Südostrussland	12,5	0,0	2,5	8,8	0,8	0	22	71	7
Südrussland	12,8	0,1	3,4	7,7	1,5	1	27	60	12
Die Krimm	13,2	0,2	1,8	8,8	2,4	1	14	67	18
Südostseite des Ural . .	17,4	0,0	1,5	15,3	0,6	0	9	88	7
Sibirien	15,5	0,0	2,1	13,3	0,1	0	14	85	1

III. Der durchschnittliche Verlauf der atmosphärischen Erscheinungen innerhalb kleinerer Gebiete der Erdoberfläche und die ihn bedingenden Umstände (Klimatologie).

Während die Meteorologie den gesetzmässigen Zusammenhang der atmosphärischen Erscheinungen im Allgemeinen, theils auf theoretischem Wege, theils an der Hand der in den einzelnen Beobachtungsgebieten erhaltenen Zahlenresultate festzustellen bestrebt ist, nimmt die Klimatologie einen mehr speciellen Standpunkt ein, indem sie unter Benutzung der aufgefundenen allgemeinen Gesetze von Fall zu Fall die Art und den Wirkungswerth derjenigen Factoren aufsucht, die das Klima für kleinere Gebiete der Erdoberfläche nach dieser oder jener Seite hin zu charakterisiren vermögen. Die Meteorologie hat uns gelehrt, dass vermöge der schiefen Stellung der Erdaxe zur Erdbahn klimatische Zonen auf

dem Erdball auftreten, ein Tropengürtel, zwei gemässigte und zwei kalte Zonen. Es liesse sich für jede dieser Zonen ein durch die Sonnenstellung bedingtes ideales (mathematisches) Klima ableiten, in Wirklichkeit zeigen sich jedoch in Folge der mannigfaltigsten modificirenden Einflüsse örtliche Abänderungen von diesem Klima (physisches Klima). Solche Einflüsse sind in erster Linie die Luft- und Meeresströmungen, ausserdem aber auch die Lage zum Meere und die Erhebungen über das Meeresniveau. Landstriche, die jahrüber vorwiegend von Winden aus südlicheren Breiten und von Luft, welche durch Warmwasserströme geheizt wurde, bestrichen werden, weichen in ihrem Klima von dem in gleicher Breite aber sehr continental gelegener Gebiete mit vorwiegend polaren Winden bedeutend ab, für letztere wird sich das Klima viel excessiver gestalten müssen, als es die Stellung der Sonne allein, der obersten Lenkerin aller Klimate, mit sich bringt.

Nicht allein diese Einflüsse sind es, die dem Klima eines Gebietes einen deutlichen Stempel aufdrücken, auch die nächste Umgebung und die specifische Beschaffenheit des Gebietes selbst sind wichtige Modificatoren für das Klima desselben. Benachbarte Gebirge mit ausgedehnten Waldungen, desgleichen ein benachbarter See oder feuchte Moorlager und Flussniederungen wirken verändernd ein, und was die specifische Beschaffenheit des Gebietes anlangt, so ist es durchaus nicht gleichgiltig für das zu erwartende Klima, ob das Gebiet eben oder hügelig, oder gar mit hohen Gebirgen belegt ist, ferner ob der Boden grosse unbebaute Strecken zeigt, oder ob er gleichmässig mit Vegetation bedeckt erscheint.

Gebirge modificiren die klimatischen Verhältnisse der Nachbarschaft, indem sie die über sie hinwegziehenden allgemeinen Luftströmungen bezüglich deren Temperatur und Wassergehalt verändern, sie wirken auch durch die von den Bergen ausgehenden localen Winde verändernd auf das Klima der Vorlande ein. Der aufsteigende Strom des Flachlandes wirkt aspirirend auf die Bergluft, die aus mehrfachen Gründen eine niedrigere Temperatur als die Luft gleicher Höhe über dem Vorlande besitzt. Einmal ist die Erwärmung des Festbodens in gebirgigen Gegenden durch die vielfache Beschattung der Berglehnen durch Wälder und durch gegenüberliegende Bergwände selbst eine geringere, und dann trägt die in höheren Lagen ausgiebigere Ausstrahlung viel zur Temperaturserniedrigung der Luft bei, die zur Nachtzeit thalwärts sinkend auch die Luft der Thalsohlen abkühlt.

Der Temperatursunterschied zwischen Bergluft und Luft der Vorlande ist im Sommer am grössten, zu dieser Jahreszeit der Ein-

fluss des Gebirgswindes am auffallendsten, es wird durch ihn die tägliche Schwankung der Temperatur bedeutend erhöht. Aber auch im Frühjahre und Herbste lässt sich die abkühlende Wirkung der Gebirgswinde nicht verkennen, indem der Frühlingsanfang häufig durch Kälterecidiven gestört wird, und im Herbste mitunter so niedrige Temperaturen zu Stande kommen, dass sie uns nur zu deutlich an den herannahenden Winter mahnen.

Ein benachbarter See, feuchte Moorlager und Sümpfe spielen in kleinerem Massstabe dieselbe Rolle für die Nachbarschaft, wie für die Continente das Meer, sie mässigen die Extreme der Temperatur der angrenzenden Gebiete, ausserdem erhöhen sie durch die über sie hinweg ziehenden Winde die absolute Feuchtigkeit der Nachbarschaft; dies letztere wird auch durch grössere Waldbestände erreicht.

Die specifische Beschaffenheit des Landstriches selbst, ob Ebene oder Hügelland oder Gebirge hat grossen Einfluss auf den Gang der meteorologischen Elemente und deren Extreme. Während die Ebene zu grossen Temperatursextremen und Trockenheit hinneigt, mildert welliges Terrain die Extreme und bringt Abwechslung in die Feuchtigkeitsverhältnisse. Gebirge bedingen eine Depression der Lufttemperatur und höhere relative Feuchtigkeit der Luft. Die den Regenwinden ausgesetzten Abhänge zeigen reichlicheren Niederschlag als die Abhänge an der Luvseite. Freie Plateaux zeichnen sich durch grosse Temperatursextreme aus.

Es bildet sich auf diese Weise eine Reihe verschiedener Klimate in den ungleich situirten Landstrichen aus, man unterscheidet darnach: Landklima — Seeklima, Höhenklima (Klima freier Gipfel und freier Plateaux) — Thalklima, Waldklima — Steppenklima. Auch wird das Klima nach den Namen von Oertlichkeiten benannt: Klima der Alpen, der Karpathen, des Wiener Beckens u. s. w.

Ermittelung des Klimas eines kleineren Gebietes oder des Standortes. Meteoroprognose.

Dem Landwirth ist es darum zu thun, die klimatischen Verhältnisse seines Wohnsitzes möglichst genau kennen zu lernen, er soll deshalb stets offenes Auge für dieselben haben; die wichtigsten meteorologischen Elemente: Temperatur und Niederschlag lassen sich ohne grossen Aufwand an Zeit mittelst Thermometer und Regenmesser verfolgen. Detaillirte Auskünfte gibt die benach-

barte meteorologische Beobachtungsstation. Die Angaben dieser Station sind nur dann für den gegebenen Standort anwendbar, wenn die localen Verhältnisse mit denen der Station in naher Uebereinstimmung sind; nicht etwa, dass die letztere im völlig flachen Lande und ersterer an dem Fusse eines Berges liegt, wo die maassgebenden Winde nicht recht zur Geltung gelangen können.

Der Klima-Charakter eines grösseren oder kleineren Gebietes und des einzelnen Standortes selbst wird durch regelmässige Aufzeichnung des täglichen Ganges der meteorologischen Elemente festzustellen gesucht. Die täglich erhaltenen Daten werden auf Mittelwerthe gerechnet und so ergibt sich nach langjähriger Beobachtung ein durchschnittlicher Gang der Witterungserscheinungen für jeden Tag und Monat des Jahres. Dieser Gang wird jedoch in den seltensten Fällen von der Witterung wirklich eingehalten, in der Regel finden Abweichungen von den berechneten normalen Mitteln des Tages, Monates und Jahres statt; daher die Mittelwerthe allein nicht zur vollen Charakterisirung des Klimas genügen.

Wie werthvoll ist es für den Landwirth zu wissen, wie hoch die Temperatur im Laufe der Beobachtungsjahre je gestiegen, wie tief sie je gesunken ist (die Schwankung der äusserten Extreme der Temperatur oder absolute Schwankung), weil das Gedeihen gewisser Pflanzen an bestimmte Temperatursgrenzen gebunden ist, die nicht überschritten werden dürfen; ferner sind die grösste und kleinste Regensumme für jeden Monat, die längste Periode ohne allen Regen und mit continuirlichen Regentagen, die grösste Regensumme während 24 Stunden höchst wichtige Daten für den praktischen Landwirth.

Nicht zu vergessen ist die Charakterisirung der Winde in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeit, Häufigkeit und Grösse der Niederschläge, Bewölkung, was dadurch geschieht, dass man die einzelnen Windrichtungen mit den ihnen zufallenden durchschnittlichen Monatsmitteln der angeführten Elemente bezeichnet, es entstehen dadurch thermische, atmische, Regen- und nephische Windrosen für jeden Monat des Jahres, deren Angaben die Erkenntniss des Klimas wesentlich vervollständigen. Von Wichtigkeit ist auch die Feststellung der Herkunft der vorwaltenden Winde, in der Regel sind die allgemeinen Luftströmungen (Aequatorial- und Polarstrom) die am häufigsten auftretenden; um aber auch die localen Winde bezüglich ihres Einflusses richtig zu taxiren, müssen auch diese vorerst auf ihre richtigen Entstehungsursachen zurückgeführt werden.

So erwirbt sich der aufmerksame Beobachter im Laufe der Zeit ein klares Verständniss für die klimatischen Verhältnisse seines

Wohnsitzes und dessen nächster Umgebung, er weiss jeden einzelnen, das Klima bedingenden Factor auf seine Ursache zurückzuführen und bezüglich des Wirkungswerthes richtig zu beurtheilen; die erhaltenen Beobachtungsreihen gewinnen von Jahr zu Jahr an Interesse und Verständlichkeit. Der aufmerksame Beobachter wird in den von ihm abgeleiteten Zahlenresultaten die volle Berechtigung mancher Frage seiner Mitbewohner über den Grund dieser oder jener erfahrungsgemäss festgestellten klimatischen Eigenthümlichkeit des Wohnsitzes auffinden, aber auch nicht so leicht in Verlegenheit kommen, die vorgelegte Frage genügend zu beantworten.

Anders stellt sich die Sache aber dann, wenn von dem Beobachter verlangt wird, dass er als gewiegter Kenner des Klimas den Verlauf der Witterung auf längere Zeit hinaus vorhersagen soll. Dieses Ansinnen wird er bei dem heutigen Stande der Witterungsvorhersage (Meteoroprognose) zurückweisen müssen, weil ihm die Mittel dazu noch zum grössten Theile fehlen, so werthvoll sonst das Vermögen, das Wetter vorherzusagen, für den Landwirth sein mag. Die Angaben der Instrumente, die eben herrschende Windrichtung und Form der Wolken werden allerdings einen Schluss auf die in den nächsten Tagen kommende Witterung zulassen, jedoch geht dieser nie über den Rahmen der Vermuthung hinaus. Es soll damit nicht gesagt sein, dass die in den nächsten Tagen und Wochen zu erwartende Witterung ausser aller Berechnung liegt, im Gegentheile, die auch in dem unperiodischen Gange der meteorologischen Elemente auftretende Gesetzmässigkeit lässt mittelst der mathematischen Hilfsmittel einen gewisse Gesetze befolgenden Gang der Witterung und deren Wechsel auffinden, jedoch gehört dazu ein aus vielen Beobachtungsjahren abgeleitetes Zahlenmaterial, was nur für wenige Orte bis jetzt vorhanden ist. Köppen[1]) hat eine Untersuchung angestellt, die für die praktische Wetterprognose darum von grosser Bedeutung ist, weil sie wichtige Fingerzeige für die Behandlung des Zahlensubstrates zur Auffindung der Gesetzmässigkeit im Witterungswechsel gibt. Köppen berechnet die Wahrscheinlichkeit des Witterungswechsels innerhalb des Jahres, und findet, dass diese in unseren Breiten zu zwei Zeiten des Jahres ein Maximum, und zwar vom April auf Mai, und October auf November, dagegen zu zwei Zeiten ein Minimum erreicht, vom Februar auf März und im Hochsommer. Die Beständigkeit der Witterung spricht sich darin aus, dass die Abweichung vom normalen Gange der Temperatur, des Luftdruckes u. s. w. längere

1) Der Naturforscher. VI. Jahrgang 1873. Nr. 1 und Zeitschr. d. österr. Ges. f. Met. Bd. VIII. S. 241.

Zeit anhält, also eine entschiedene Tendenz vorliegt, den eben herrschenden Witterungscharakter zu erhalten. Köppen fand, dass diese Erhaltungstendenz mit der Länge der Zeit wächst. Es ist also nicht so ganz richtig, wenn man nach zehntägigem Regen für den elften Tag schönes Wetter mit Bestimmtheit erwartet, denn gerade durch die lange dauernde Regenzeit ist die Wahrscheinlichkeit des Anhaltens der regnerischen Witterung um so grösser geworden. Ebenso wenig darf man von einem warmen Winter auf einen kühlen Sommer schliessen, da die Gebiete der Anomalie ebenfalls die Tendenz zeigen, ihre im Winter eingenommene geographische Lagerung auch im Sommer beizubehalten.

Eine nicht zu leugnende Berechtigung haben die Loostage (Bauernregeln), aus der am Loostage herrschenden Witterung wird auf die eines weiter abliegenden kommenden Tages oder künftiger Wochen geschlossen; sie haben diese Berechtigung vorzüglich dann, wenn die Vorherbestimmung in die Zeit des Minimums der Wetterveränderlichkeit fällt.

Ausser dem hier nur angedeuteten Wege zur Vervollkommnung der Wetterprognose gibt es noch einen zweiten, der heute schon zu einer praktischen Verwerthung der Meteoroprognose geführt hat. Es ist dies die telegraphische Einholung gleichzeitig abgelesener klimatologischer Daten aus den Stationen des Continents und der See, wodurch dem Sammler dieser Daten die Möglichkeit geboten ist, sich ein klares Bild über den Zustand der Atmosphäre über dem besagten Erdtheile zu verschaffen. Aus der Lage der sofort gezeichneten Isobaren wird sich ein Schluss auf die anzuhoffende Luftbewegung, auf Sturm zur See oder über dem Lande ziehen lassen, der im Hafen zum Auslaufen bereite Seemann wird rechtzeitig gewarnt.

Wie wohlthätig wäre es für den Landwirth, wenn er in ähnlicher Weise Nachricht erhielte, wie die Witterung am kommenden Tage sich stellen wird? Er bleibt bis jetzt ohne rechtzeitige Kenntniss der zu gewärtigenden Luftdrucksstörungen in seiner nächsten und weiteren Umgebung und hat zum Aufbau seiner Schlüsse nur die Zahlen einer einzigen Station vor sich liegen, wogegen die meteorologische Centralstation des Landes aus vielen Einzelstationen gleichzeitig erhaltene Zahlen auf telegraphischem Wege einholt. Die Aussage des letzteren Instituts über die anzuhoffende Witterung wird daher einen viel höheren Grad von Wahrscheinlichkeit in Anspruch nehmen dürfen und ein Nichteintreffen der vorhergesagten Witterungserscheinungen wird viel seltener vorkommen, als dies bei der Aussage des einzelstehenden Beobachters der Fall ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass früher oder später

bei weiterem Fortschreiten der noch jungen meteorologischen Wissenschaft und ausgiebiger Vermehrung der Beobachtungsstationen zur See- und auf dem Festlande die praktische Landwirthschaft ebenso von der Meteoroprognose Nutzen schöpfen wird, wie es heute die Schifffahrt thut. In den vereinigten Staaten Nordamerika's sind schon seit mehreren Jahren telegraphische Witterungsberichte für landwirthschaftliche Zwecke organisirt. In Frankreich bestehen sie seit 1. Mai 1876.[1]) Auch die k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus auf der hohen Warte in Döbling bei Wien gibt auf Verlangen gedruckte Witterungsberichte rechtzeitig an Landwirthe aus.

1) Zeitschrift d. österr. Gesellsch. f. Met. XI. Bd. 1876. S. 177.

Die Pflanze.

„Die Natur hat sich die Aufgabe gestellt, das der Erde zuströmende Licht im Fluge zu haschen und die beweglichste aller Kräfte, in starre Form umgewandelt, aufzuspeichern. Zur Erreichung dieses Zweckes hat sie die Erdkruste mit Organismen überzogen, welche lebend das Sonnenlicht in sich aufnehmen und unter Verwendung dieser Kraft eine fortlaufende Summe chemischer Differenz erzeugen. Diese Organismen sind Pflanzen. Die Pflanzenwelt bildet ein Reservoir, in welchem die flüchtigen Sonnenstrahlen fixirt und zur Nutzniessung geschickt niedergelegt werden; eine ökonomische Fürsorge, an welche die physische Existenz des Menschengeschlechtes unzertrennlich geknüpft ist und die bei der Anschauung einer reichen Vegetation in jedem Auge ein instinktartiges Wohlgefallen erregt“ (J. R. Mayer).

Mit diesen Worten des Entdeckers des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft ist wohl am besten die Stellung der Pflanze innerhalb der Organismenwelt unserer Erde charakterisirt.

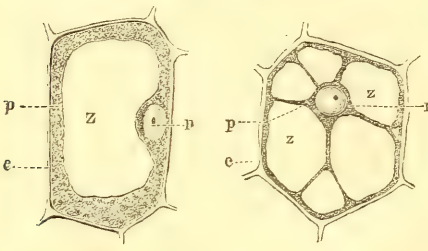
Der Pflanzen Aufgabe ist, mit Hilfe der Sonne aus unorganischer Materie organische Materie zu erzeugen, aus einfacheren complicirtere, für die Ernährung der Thierwelt nothwendige Verbindungen zu bilden. Der Mensch benutzt die Pflanze, um sich die seine Existenz bedingenden Kraftsummen zu schaffen, er bemüht sich durch die Cultur jene Momente zu vereinigen, die es den Pflanzen gestatten, ein Maximum ausnützbarer Potenzen zu fixiren. Haben wir in den vorhergehenden Capiteln den Boden als Standort und Nahrungsquelle, die Atmosphäre gleichfalls als Nahrungsquelle sowie als Vermittlerin von Wärme und Licht, den Grundbedingungen alles Lebens, kennen gelernt, so werden wir im Folgenden zunächst der Pflanze, als dem Apparat, in welchem die Wechselbeziehungen zwischen unorganischem Stoff und Licht sich abspielen, unsere Aufmerksamkeit widmen müssen.

I. Die Pflanze nach ihren Formbestandtheilen.

1. Die Pflanzenzelle.

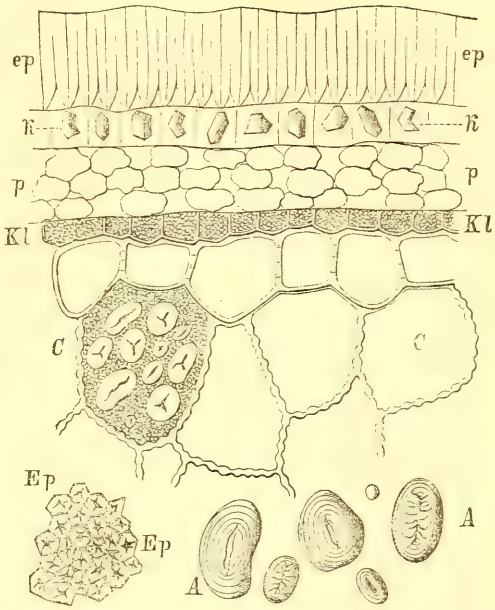
Die Grundlage, das Elementarorgan, aller scheinbar noch so sehr von einander verschiedenen Pflanzen bildet die Zelle.

Die vollkommene Zelle in ihrer ursprünglichen Form stellt sich uns als ein rundes oder längliches vollständig geschlossenes Bläschen dar. Die nebenstehenden Figuren zeigen solche Pflanzenzellen. *c* ist die Zellwand (Zellenmembran), dieselbe besteht im Wesentlichen aus Zellstoff, welcher jedoch bei älteren Zellen durch die sogenannten „inkrustirenden Substanzen" verhüllt oder ganz ersetzt wird; *p* das Protoplasma mit dem Primordialschlauch, einem inneren, weicheren Hautgebilde, das die Umgrenzung des Protoplasmas bildet. Letzteres ist eine körnigschleimige, stickstoffhaltige, sehr quellungsfähige, aus eiweissartigen Stoffen bestehende, gelblich gefärbte Flüssigkeit, die sich mit dem übrigen flüssigen Inhalt der Zelle nicht mischt und der wesentliche, charakteristische Bestandtheil lebender Zellen ist. Das Protoplasma ist wahrscheinlich organisirt, zeigt mehr oder minder lebhafte Bewegung (Rotation, Circulation) und ist der wahre Sitz aller Lebensthätigkeit. *n* der Zellenkern (Cytoblast). Der Zelleninhalt ist gebildet aus dem Protoplasma und dem Zellsaft *z* (Vacuolen), der vorzüglich aus Wasser besteht, in dem verschiedene organische (Zucker, Gummi, Dextrin u. s. w.) und unorganische Stoffe gelöst sind. In dem Zellsafte der meisten Pflanzenzellen sind auch ungelöste Stoffe enthalten. Es sind dies Proteïnstoffe (zuweilen als Klebermehl, Proteïnkrystalle, Aleuron), Stärkemehl, fette und ätherische Oele, Harze, Wachs, Farbstoffe und andere unlösliche Pflanzenbestandtheile. Diese Stoffe treten in den Zellen mancher Pflanzen in sehr bedeutenden Mengen auf. So findet man die Zellen der Kartoffeln mit Stärkemehlkügelchen, die der Oelsamen mit Oelkügelchen u. dgl.



erfüllt. Zuweilen finden sich in den Zellen auch Krystalle verschiedener, meist oxalsaurer Salze.

Einer der wichtigsten Bestandtheile vieler Zellen unserer Culturpflanzen ist das Chlorophyll oder Blattgrün, welches an bestimmt gestaltete Protoplasmakörner gebunden ist. Solche grüngefärbte Einlagerungen des Protoplasma nennt man je nach ihrer Gestalt „Chlorophyllkörner", „Chlorophyllkörper" oder „-Bänder." Die „chlorophyllhaltigen Zellen" werden wir später als die eigentlichen Laboratorien zur Production organischer Materie kennen lernen.

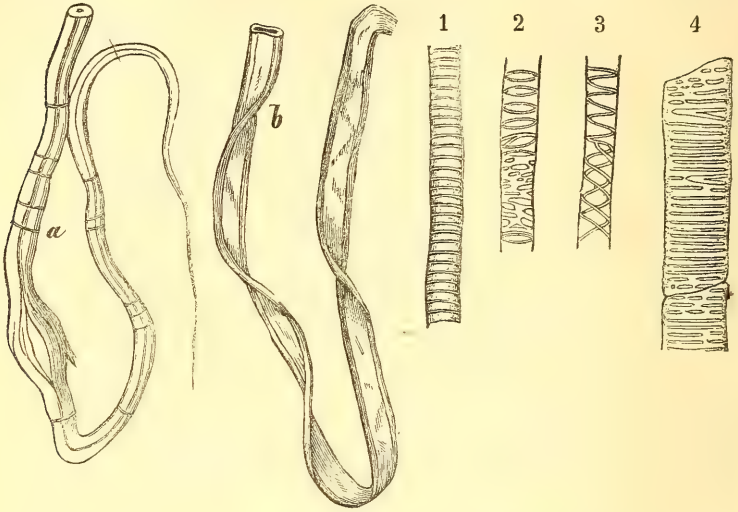


(Oben) Partie eines Querschnittes aus der Bohne. *ep* Oberhaut. *k* krystallführende Schicht. *p* dünnwandiges Parenchym. *Kl* Kleberschicht. *C* Gewebe der Keimlappen mit Stärkemehl und Proteïnkörnchen gefüllt. 140/1.
(Unten) *Ep* Samenoberhaut von der Fläche. *A* Stärkekörner der Bohne. 220/1.

Die Entstehung einer neuen Pflanzenzelle geht bei unseren Culturpflanzen jederzeit im Innern einer bereits vorhandenen Zelle vor sich, sobald der Nahrungsstoff über ein gewisses Maass hinaus vermehrt wird. Die Zelle (Mutterzelle) theilt sich dabei in mehrere Zellen (Tochterzellen). Die Mutterzelle wird aufgelöst und verschwindet. In dem Riesenbovist sollen in der Minute 20000 neue Zellen entstehen (Schleiden).

Die Veränderungen, die die Pflanzenzelle von ihrem Entstehen als kleines Bläschen bis zum Absterben zu durchlaufen hat, sind mannigfaltigster Art. Durch Aneinanderlagerung der einzelnen Zellen entstehen vieleckige Formen, die in ihrem Zusammenhange dem Gewebe in den Waben der Bienen nicht unähnlich sind. Durch die Nahrungsaufnahme erleidet die Form der Zelle eine weitere Veränderung; dringt z. B. die Nahrungsflüssigkeit an einer Stelle der Zelle ein und an der entgegengesetzten Stelle wieder

heraus, so werden diese beiden Enden vorzugsweise ernährt, ausgedehnt und in langgestreckte Zellen verwandelt, die man als Gefässe bezeichnet hat. Die folgende Abbildung zeigt solche Gefässe der bekanntesten Gespinnst-Pflanzen: *a* Flachsfaser, *b* Baumwollfaser (Schleiden).



Dadurch, dass die Zwischenflächen übereinanderstehender länglicher Zellen im Verlauf der Entwickelung durch chemische Einwirkungen aufgelöst werden, entstehen ebenfalls Gefässe, die je nach der Ablagerung der innern Schichten verschiedene Formen zeigen. Man bezeichnet sie nach ihrer Form als Ringgefässe (1), Spiralgefässe (2), netzförmige Gefässe (3), gestreifte Gefässe (4) und Tüpfel- oder Porengefässe.

Die zu einem Gewebe verbundenen Zellen bilden das Zellgewebe, welches von vielen Pflanzenorganen in Form eines feinen, zusammenhängenden Häutchens abgezogen werden kann. Bei dem Zellgewebe unterscheidet man Fasergewebe (Prosenchyma) und parenchymatisches Gewebe (Parenchyma); ferner gibt es noch Leim-, Filz-, Vernarbungsgewebe u. s. f. Das Gewebe, welches die Vegetationsspitzen oder Vegetationsschichten ganz besonders zur Bildung neuer Zellen befähigt, heisst Bildungsgewebe (Meristem), das nicht mehr bildungsfähige Gewebe aber Dauergewebe. An den Kanten der Zellen bleiben

zuweilen Oeffnungen, die man, wenn sie eng sind, als Zwischenzellengänge (Intercellulargänge), wenn sie ausgedehnter sind, als Zwischenräume (Intercellularräume) bezeichnet. Eine eigentliche Zwischenzellsubstanz (Intercellularsubstanz), welche die einzelnen Zellen eines Pflanzentheiles gleichsam zusammenkittet, besteht nicht.

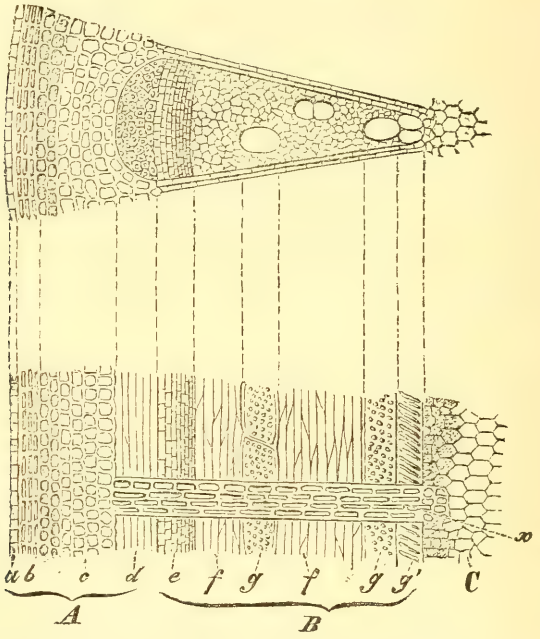
Die Pflanze besteht in der Regel aus sehr vielen einzelnen Zellen, nur einige der einfachsten Gewächse bestehen aus einer Zelle, z. B. die Bierhefe.

2. Der Aufbau der Pflanzen aus Zellen.

In der ersten Bildungsepoche findet man bei den Zellen der Pflanzen in Form und Inhalt fast durchaus Gleichheit, die Formverschiedenheiten treten erst im Verlauf des Wachsthums ein. Neben der Umbildung der Zellenformen findet in einer lebenden Pflanze auch die Neubildung von Zellen statt, bedingt durch das Wachsen der ganzen Pflanze, aber nur im ersten Beginn, denn später bilden sich neue Zellen nur in dem vorhin erwähnten Bildungsgewebe, hauptsächlich dem des Cambiums, welches mannigfach in der Pflanze vertheilt sein kann. Während demnach eine sich entwickelnde Pflanze ganz aus Bildungsgeweben besteht, scheiden sich im Verlauf des Wachsthums Gruppen von Zellen ab, in denen in der Regel keine neuen Bildungen mehr vorkommen, z. B. die Oberhaut, das Parenchym, die Rinde. Eine bestimmte Menge von Bildungsgeweben bleibt aber bei jeder lebenden Pflanze zurück, zartwandige Zellengewebe bildend; auf diese beschränkt sich das eigentliche Leben eines Stammes. Aus dem Bildungsgewebe entwickeln sich bei den Holzpflanzen allmälig weiter nach Aussen Bastzellen, nach Innen lagern sich Holzzellen ab. Letztere sind langgestreckte, an den Enden zugespitzte dickwandige Zellen, die sich unter einander nach und nach zu einem festen, dickwandigen Gewebe, das man Holz nennt, vereinigen. Durch diese Neubildungen aus dem Bildungsgewebe, das bei allen zweisamenlappigen Pflanzen (Dicotyledonen) kreisförmig im äussern Umfange des Stammes lagert, wird letzterer nach Aussen hin verdickt, so lange überhaupt noch Leben in der Pflanze ist. Dagegen sind die meisten einsamenlappigen Pflanzen (Monocotyledonen), zu denen sämmtliche Gräser gehören, keiner weiteren Verdickung ihres Stengels fähig, weil das Bildungsgewebe, welches sie besitzen, aufhört sich zu entwickeln.

Das Bildungsgewebe setzt sich durch die ganze Länge eines Stengels, Astes oder einer Wurzel fort, indem es an der Spitze in

einem Punkt zusammenläuft, wo jede Pflanze ohne Ausnahme Bildungsgewebe besitzt; demnach kann auch jeder Zweig als Steckreis benutzt werden. Es erklärt sich aus dieser Verbreitung des Cambiums, dass, wenn Bäume einer Art in unmittelbarer Berührung mit einander stehen, dieselben nicht selten zusammenwachsen. Es beruht auf diesem Verwachsen die Veredlung der Bäume durch das Pfropfen, Oculiren und Copuliren, wobei immer als Richtschnur zum Gelingen dieser Operation dienen muss, möglichst viel Bildungsgewebe von beiden Theilen zu vereinigen.



Theil eines jungen Zweiges einer dicotyledonischen Holzpflanze, einem Gefässbündel entsprechend, im Querschnitt (halbschematisch) und radialen Längsschnitt.
A Rinde. *B* Holzkörper. *C* Mark. *a* Oberhaut. *b* Korkschicht. *c* innere Zellschicht der Rinde. *d* Bastbündel. *e* Cambium. *f f* Holzzellen. *g g* punctirte Gefässe. *g'* Spiralgefäss der Markscheide. *x* Markstrahl.

Die Thätigkeit des Cambiums der Dicotyledonen beginnt in unserer Zone mit dem Anfange des Frühjahres, sie erlischt im Herbste; im Winter ist Stillstand. Im Frühjahr beginnt der Saft-

strom und die Bildung neuer Zellen in eben angegebener Art. Der jedes Jahr sich bildende neue Ansatz von Holzzellen ist am Querschnitt des Stammes ziemlich deutlich erkennbar, und man bezeichnet diese Ansätze als Jahresringe, nach welchen sich das Alter der Bäume annähernd bestimmen lässt. Die äusseren jüngeren Schichten sind heller als die älteren, man nennt sie Splint, und die älteren und härteren Jahresringe reifes oder Kernholz.

Unter Bast haben wir im Allgemeinen ein Gewebe zu verstehen, das aus sehr dickwandigen, langgestreckten, festen, biegsamen, weichen und leicht von einander trennbaren Zellen besteht. Er wird bei vielen Pflanzen, in denen er besonders stark vertreten ist (Flachs, Hanf, einigen Brennnesseln und Malvenarten, Aloe, dem Neuseeländer Flachs etc.) als Gespinnstfaser benützt und lagert im Stamme der Dicotyledonen-Pflanzen im Mark oder der Rinde. Er führt entweder einen gefärbten Saft (Milchsaft) oder gewöhnlichen Zellsaft.

Beiläufig sei hier nur erwähnt, dass die Faser der Baumwolle, S. 202 (b), welche den Schopf der Baumwollsamen bildet, kein Bastgebilde ist.

Das Mark findet sich in der Mitte eines Stammes im Markrohr; Markstrahlen oder Spiegelfasern sind von innen nach aussen verlaufende, aus langgestreckten Zellen bestehende Gewebe. Sie schwinden allmälig fast ganz, wenn auch die Stellen, wo sie sich befanden, immer wahrnehmbar bleiben und sich das Holz auch da am leichtesten spalten lässt. Bei den meisten Gräsern stirbt das Mark schon früh ab, in Folge dessen diese Gräser einen hohlen Stengel haben, der durch Scheidewände (Knoten, Internodien) an den Ansatzstellen der Blätter unterbrochen ist.

Das Mark pflegt man auch als Füllgewebe (Parenchym) zu bezeichnen, es spielt in ökonomischer Beziehung eine wichtige Rolle, indem sich mit Ausnahme des Bastes und des Holzes fast alle Stoffe, wegen deren wir die Pflanzen cultiviren, in den Zellen des Markgewebes abgelagert finden, als: Gummi, Zucker, Stärke, fette Oele, flüchtige Oele, Harze, Farbstoffe, Proteïnverbindungen u. s. w.

Wir finden das Parenchym besonders in der fleischigen Wurzel der Rüben, dem fleischigen Stengel der Kohlrabi-Arten und dem Fleisch der Früchte entwickelt; es stellt sich als sehr dünnwandiges Gewebe mit sehr verschiedenen Zellenformen dar.

Die äusserste Zellenlage einer Pflanze nennt man Oberhaut (Epidermis), deren Zellen sich nach und nach so fest aneinander schliessen, dass man sie meist als eine zusammenhängende Haut abziehen kann. Diese Oberhaut verdichtet sich im Verlaufe des Wachsthums dergestalt, dass sie für Flüssigkeiten ganz undurch-

dringlich wird, wozu das Wesentlichste die Ablagerung einer feinen Wachsschicht beiträgt. Einzelne Lücken der Oberhaut entstehen durch die Mündungen der früher erwähnten Zwischenzellengänge (S. 203). Man bezeichnet diese Mündungen als Spaltöffnungen, welche durch die sie umgebenden Schliesszellen bald mehr, bald weniger geöffnet oder auch ganz geschlossen werden können und so den Gasaustausch zwischen der Atmosphäre und den lufterfüllten Intercellularräumen reguliren. Blättern, welche im Wasser leben, fehlen die Spaltöffnungen, schwimmende besitzen sie nur auf ihrer oberen Fläche. Im Allgemeinen sind bei den Monocotyledonen beide Blattseiten mit Spaltöffnungen versehen, während sie bei den Dicotyledonen meist nur auf der Unterseite vorhanden sind[1]). Zuweilen zeigen Zellen der Oberhaut eine sehr abweichende Bildung, indem sie in die Länge gezogen als Haare (bei der Baumwolle), Brennhaare (mit ätzendem Saft), Borsten, Stacheln erscheinen.

Bei manchen Pflanzen und Pflanzentheilen tritt an die Stelle der Oberhaut ein weitzelliges Gewebe, dessen Inhalt in Folge chemischer Processe sich verliert, gleichzeitig nimmt es eine mehr oder weniger braune Farbe an. Diese, die Stelle der Oberhaut vertretende Schichte, die unter dem Namen Kork oder Korkschichte bekannt ist, gelangt nur bei wenigen Pflanzen zu solcher Stärke und Elasticität wie bei der Korkeiche, die die allbekannten Korke liefert. Der Kork fehlt allen jungen Pflanzen, bildet sich aber fast bei allen im zweiten, bei manchen Pflanzentheilen auch schon im ersten Jahre ihres Lebens. So ist z. B. die rauhe Oberhaut der Kartoffel, wie der braune Ueberzug des Reinettapfels Korkschichte; eine solche entsteht auch bei allen Früchten und Pflanzentheilen, deren Oberhaut verletzt oder abgestorben ist (Ueberwallungen, Callusbildungen). Die Oberhaut ersetzt sich niemals, wohl aber die Korkschichte (Schacht).

Die Rinde der Holzpflanzen, welche die Oberhaut der Blätter vertritt, zeigt einen sehr complicirten Bau aus verschiedenen Zellengewebemassen. Schleiden rechnet sie mit zu dem Parenchym. Die Rinde verstärkt sich von innen alljährlich durch neue Schichten von Zellen; jedoch nicht in dem Maasse, wie das Holz. Die äusserste Lage der Rinde der meisten Hölzer bekleidet sich im Alter mit einer rissigen, zuweilen schuppigen, nicht elastischen Kruste, die von dem Korke zu unterscheiden ist und als Borke bezeichnet wird. Letztere besteht aus abgestorbenen nicht mehr

1) Die Grösse der Spaltöffnungen schwankt zwischen 0,00459 Mm. (Amaryllis formosissima) und 0,00011 Mm. (Amaranthus caudatus). Ihre häufigste Grösse liegt zwischen 0,0002 und 0,0008 Mm.

lebensthätigen Zellgewebemassen, welche die Rinde überdecken und durch Witterungseinflüsse nach und nach zerstört werden, sich zersetzen oder abfallen.

3. Die Pflanze in ihrer äusseren Gliederung.

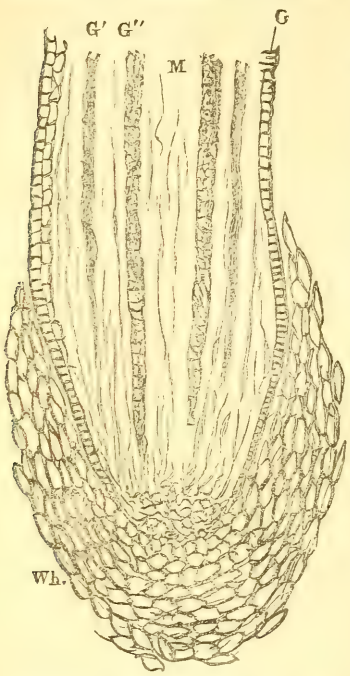
A. Die Ernährungsorgane der Pflanzen.

a. Die Wurzel.[1])

Die Wurzel ist das Organ, durch welches die Pflanze im Boden befestigt ist und aus demselben die Nahrung bezieht. Ausserdem dient die Wurzel bei vielen Pflanzen, besonders mehrjährigen, als Vorrathsplatz für die „Reservestoffe". Schon hieraus ergibt sich, wie unendlich wichtig dieses Organ für die Pflanzen überhaupt ist, und welch' hohe Aufmerksamkeit es bei den Culturpflanzen von Seite der Landwirthe beansprucht. Die Ursache, dass die Wurzel sich in ihrem Wachsthum dem Mittelpunkt der Erde zuwendet und den Stengel nöthigt, sich davon wegzuwenden, ist die Schwerkraft (Knight). Es steht die grössere oder geringere Wurzelentwickelung jedenfalls in einem bestimmten Verhältniss zu der Ernährungsfähigkeit der Culturpflanzen, ebenso wie die Art der Bewurzelung und der Bau der Wurzel selbst. Was den inneren Bau der Wurzel anbelangt, so ist vorerst für uns wichtig zu wissen, dass dieselbe mit einer zuweilen mit Wurzelhaaren bekleideten Oberhaut versehen ist, welche dem Medium, in dem sie lebt, tropfbarflüssige oder gasförmige Stoffe entziehen kann. Aus Versuchen muss man schliessen, dass die chemische Beschaffenheit dieser Oberhaut bei verschiedenen Pflanzen auch eine verschiedene sei; dass die Ausbildung der Zellen daselbst je nach den Pflanzen eine grosse Verschiedenheit zeigt, ist nachgewiesen. Charakteristisch für alle Wurzeln ist, dass sie keine Blätter tragen und an ihrer Spitze von einer Wurzelhaube bedeckt sind. Das Wachsthum der Wurzel ist auf einen Raum von 3 Mm. von der Spitze aufwärts beschränkt; das äusserste Ende besteht aus gelockerten Zellen, die theilweise von dem eigentlichen Zellgewebe der Wurzel abgelöst sind, desshalb nur als ein elastisches

1) Bezieht sich nur auf Erdwurzeln, nicht auf Luft- und Wasserwurzeln. Ein gründliches Studium der Bewurzelung der landwirthschaftlichen Culturpflanzen kann den Landwirthen nicht dringend genug empfohlen werden. Sehr instructiv ist die IV. Serie der Wandtafeln für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit specieller Berücksichtigung der Landwirthschaft. Bewurzelung von Hugo Thiel. Text von Dr. H. Müller. Berlin 1870. Man vergleiche ferner: Sachs, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg. Bd. 1.

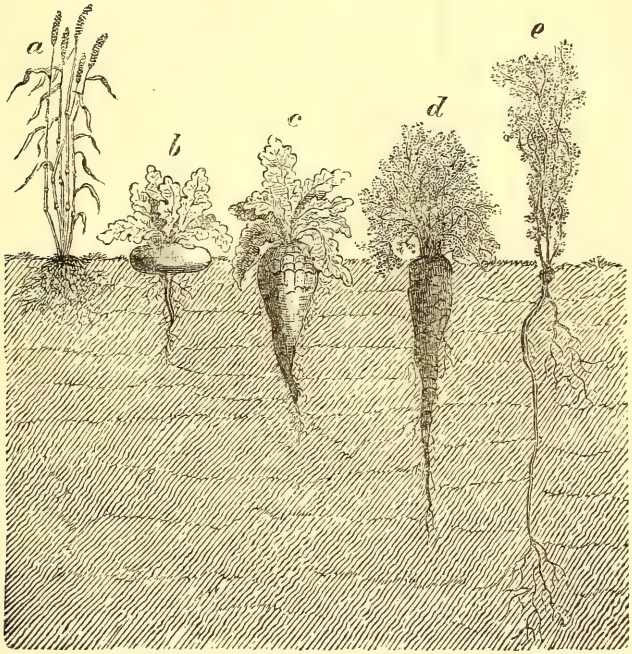
Kissen oder Haube dienen, um die lebende Spitze der Wurzel beim Eindringen in den Boden zu schützen. Diese Eigenthümlichkeiten machen die Wurzeln geeignet, sich durch den Boden nach allen Richtungen hin zu verbreiten und in die kleinsten Poren oder Spalten einzudringen und sind auch der Grund, warum die Wurzeln, welche an der Spitze verletzt oder abgeschnitten wurden, sich niemals mehr in die Länge ausdehnen. Was die Richtung der Wurzelentwickelung betrifft, so dringt die Wurzel entweder in die Tiefe (der Hauptwurzelstamm heisst dann Pfahlwurzel) oder sie verläuft an der Oberfläche nach der Seite. Die Hauptwurzeln sind der Gestalt nach spindelförmig, rübenförmig, abgenagt oder abgebissen, fadenförmig, walzenförmig etc. Die neben der Hauptwurzel am Stamme entstehenden Wurzeln heissen Nebenwurzeln (Adventivwurzeln), die Verzweigungen der Haupt- und Nebenwurzeln sind die Seitenwurzeln (Wurzelfäden). Die Nebenwurzeln können faserig, büschelig etc. sein. Thauwurzeln nennt man jene Wurzeläste, welche nahe der Oberfläche des Bodens verlaufen. Die feineren Verzweigungen der Wurzel und ihrer Aeste nennt man Wurzelzasern, sie sind bald mehr, bald weniger dicht mit zarten Wurzelhaaren bekleidet. Pflanzen mit tief gehenden Wurzeln stehen sehr fest im Boden, wie die Tanne, Kiefer, Eiche, Buche, dagegen widerstehen dem Sturme nur wenig die Fichte und Pyramiden-Pappel.



Längsschnitt durch die Spitze einer eben hervorbrechenden Wurzel von Aspidistra elatior.
Wh Wurzelhaube. *M* Mark. *O* Oberhaut. *G'* enge Spiralgefässe. *G''* weite Netzgefässe. 75/1.

Wie tief die Wurzel der verschiedenen Pflanzen im Boden überhaupt eindringen kann, ist nicht genau bekannt und die vorliegenden Angaben sehr abweichend. Wir dürfen die Wichtigkeit dieses so sehr verschiedenen Tiefganges der Wurzeln bei den Pflanzen nicht aus dem Auge lassen, denn für die Cultur der Pflanzen ergeben sich daraus sehr wichtige Regeln. So werden

Culturpflanzen mit tiefgehenden Wurzeln in einem Boden mit flachgründiger Krume und ganz festem Untergrund nie gedeihen; auf einem solchen Boden müssen Gewächse mit sich mehr horizontal verbreitenden Wurzeln gebaut werden. Nicht weniger wichtig ist der Umstand, dass, je nachdem die Pflanzenwurzeln mehr oder weniger tief in den Boden dringen, sie auch aus sehr verschiedenen Erdschichten die Nahrungsstoffe beziehen. Oft kann der Boden in den oberen Schichten schon ziemlich erschöpft sein, während er in tieferen Schichten noch genügend Nahrungsstoffe enthält und unter sonst günstigen Umständen wird da eine Pflanze mit tiefgehenden Wurzeln besser gedeihen, als eine solche mit flach verlaufenden Wurzeln.



Den verschiedenen Tiefgang der Wurzeln unserer Culturpflanzen zeigt obenstehende Abbildung. *a* Roggen mit sehr verzweigtem Wurzelwerk in den obersten Bodenschichten, ohne Pfahlwurzel. *b* die abgebissene Wurzel der Steckrübe mit Pfahlwurzel von ebenfalls geringem Tiefgang, *c* die rübenförmige Wurzel der Zuckerrübe, *d* die tiefergehende spindelförmige

Wurzel der Möhre und *e* die oft viele Fuss eindringende fadenförmige Wurzel der Luzerne.

Die Wurzeln der Cerealien dringen mehr seitlich, die Wurzelfäden sind ungemein lang. Die ausgewachsene Wurzelmasse bietet bei Gerste und Hafer folgendes Bild: Eine Pfahlwurzel existirt nicht, statt dieser gehen gleich vom Stammende 20—30 sich nach abwärts wendende Wurzelzweige seitlich ab, von denen wieder unzählige Seitenzweige sich abzweigen, von diesen wieder andere, bis ein dichtes und regelmässiges Maschengewebe entsteht, das alle Winkel des Bodens durchzieht. Die Gesammtmenge der Wurzeln bei einer Gerstenpflanze betrug 40,5 Mtr., die einer Haferpflanze 47,5 Mtr. Zur Entwickelung der Haferpflanze genügte 1 Kubikdec., zur Entwickelung der Gerstenpflanze 0,75 Kubikdec. Erde (Hellriegel). Nobbe stellte 1867 directe Wurzelmessungen an. Er fand für im Boden und in wässeriger Nährstofflösung gezogene Weizen- und Roggenpflanzen zur Zeit als die Pflanzen im Begriff standen, die Aehren hervorzustecken, folgende Resultate:

Eine Pflanze hatte Wurzeln

von	1. Ordnung		2. Ordnung		3. Ordnung		4. Ordnung		in Summa	
	Zahl	Länge Mm.	Zahl	Länge Mm.	Zahl	Länge Mm.	Zahl	Länge Mm.	Zahl	Länge Meter
Bodenweizen	17	4287	2989	39256	7215	37608	513	1204	10737	88425
Wasserweizen	44	12901	3055	69175	6611	13943	111	114	9821	96132
Bodenroggen	34	5414	3266	56724	12327	55762	378	698	16005	118598
Wasserroggen	117	11101	3676	50972	5906	18555	272	331	9971	80598

Eine ausgereifte Pflanze des Bodenweizens besass im Ganzen 67223 Wurzelfasern von zusammen 520 Meter. Es würde das nach Müller ungefähr 1 □Meter functionirender Oberfläche entsprechen. Man hat Beispiele, dass die Wurzeln namentlich von Weizen bis 2,5 Mtr. tief eindringen (Schubart von Gallentin); annehmen kann man aber, dass die Getreidearten mit flacher Krume, wenn dieselbe nur reichlich gedüngt ist, fürlieb nehmen. Viel tiefer wurzeln Erbsen, Wicken, Linsen, Bohnen, wenn auch die Wurzelfädenentwickelung ziemlich ärmlich ist.[1]) Die Lupine hat,

1) Heinrich fand freilich dem entgegen folgende Wurzeltiefen:

		Das Gewicht der lufttrockenen Wurzeln war:
bei dem Hafer	2,27 Meter	43,75 Grm.
„ der Gerste	1,90 „	27,5 „
„ den Erbsen	0,52 „	6,0 „

wenn auch nicht zahlreiche, aber sowohl nach der Tiefe wie nach der Seite sich verbreitende starke Nebenwurzeln (Schumacher); die Runkelrübe und Möhre senden eine Pfahlwurzel in tiefere Schichten, verlangen demnach schon tiefe Krume; aus dem Rübenkörper selbst treten Seitenwurzeln hervor. Geringeren Tiefgang hat die Steckrübe (Dorschen). Raps, Rübsen, Awehl entwickeln aus der Pfahlwurzel starke Seitenwurzeln, doch ist das Wurzelwerk im Ganzen ein geringes. Die Kleearten haben das üppigste Wurzelsystem. Nach Fraas ist das Maximum des Wurzeltiefganges

bei Weissklee	15	Centim.
„ Incarnatklee	32	„
„ Rothklee	63	„
„ Luzerne	126	„
„ Esparsette . . .	253—379	„

Es ist aber nicht selten, dass der Weissklee nur 5—7 Ctm., der Rothklee nur 31 Ctm., die Luzerne nur 63 Ctm. tief gelangen und doch gedeihen. Im Herbst gesäet, bestockt sich der Incarnatklee stark, im Frühjahr gesäet, schiesst er hingegen rasch in die Höhe und gibt wenig Futter. Der Incarnatklee ist ein Seicht- aber Reichwurzler, wie Fraas sagt, und vergilt etwas Dünger, in die Krume von 5—7 Ctm. Tiefe gebracht, reichlich. Die perennirenden Kleearten (Rothklee, Luzerne, Esparsette) verhalten sich ganz anders. Der Rothklee sendet im ersten Jahre nur eine einfache Wurzel gerade herab, im Herbste beginnt er oben im Boden liegende Seitenschosse und ihnen entsprechende Seitenwurzeln zu treiben. Bis dahin hält noch die Kraft der Krume an und der Klee wächst auch auf einem im Untergrunde armen „kleemüden“ Felde; aber nicht mehr im Frühling des zweiten Jahres (des ersten der Benützung), bereits ist das zweite Wurzelsystem in Thätigkeit und will die schon vor Winter gemachten Schosse ernähren und neue bilden. Die vom oberen Theil entsendeten Wurzelfäden sind so zahlreich, dass ein förmlicher Wurzelfilz entsteht. Anders verhält sich Luzerne und Esparsette. Die Luzerne wächst im ersten Jahre bis zum Herbst gerade in der Längsrichtung nach oben und unten. Nach unten zu dreht sich die Hauptwurzel in stumpfen Winkeln hin und her. Gegen den Herbst zu stirbt die Hauptachse des Triebes, der Stengel, grösstentheils ab und aus den Blattachseln am Wurzelhals der Erdoberfläche kommen die Seitenschosse rosettenartig zum Vorschein. Sie bilden die Bestockungsanlage für das nächste Frühjahr. An ihnen kommen dann Adventivwurzeln zum Vorschein. Die Wurzeln der Esparsette werden zwei- bis dreimal so lang als jene der Luzerne, die nicht leicht über 126 Ctm.

tief gehen. Für Esparsette ist charakteristisch, dass im Herbst der letzte abgemähte oder abgeweidete Achsentheil bis ca. 5 Ctm. tief in die Erde hinein abstirbt, während sich dort ein neuer Wurzelhals bildet, der aus seinem verdickten Ende die Schosse treibt. Da sich dies im Herbst jeden Jahres wiederholt, so geht seine Bestockung lange Jahre vorwärts. Die Wurzel selbst bleibt gerade und geht sehr tief, Steine und Felsstücke umschlingend, so dass die Furchen, die sie aufschliessend dabei sich gräbt, an dem Gestein sichtbar sind.

Die Wiesengräser haben eine sehr beträchtliche Wurzelentwickelung und lange Wurzelfäden. Auf einem guten Wiesenboden ist die Erdlage bis 24 Ctm. Tiefe dicht mit Wurzeln durchsetzt.[1])

Bei der Kartoffelpflanze findet man Nebenwurzeln mit einer reichlichen Wurzelfadenentwickelung, namentlich wenn die Pflanze behäufelt wird. Die Knollen sitzen als Endknospen an den fadenförmigen Seitenzweigen, welche sich aus den Achseln der untersten mit Erde bedeckten Blätter entwickeln. An den wirklichen Wurzeln entstehen niemals Kartoffeln. Deshalb häufelt man auch die Kartoffelpflanze an, damit die untersten Achselknospen der Blätter von der Erde bedeckt und so in Stand gesetzt werden, kartoffeltragende Triebe zu geben.

Die Bewurzelung der Nadelhölzer, speciell der Fichte, Tanne und Kiefer, zeigt nach Nobbe's Untersuchungen in der Jugend grosse Differenzen. Die Kiefer z. B. erzeugt eine 24 mal grössere Anzahl von Wurzelfasern und eine 8 mal grössere aufnehmende Wurzelfläche als die Tanne und übertrifft die Fichte in den gleichen Beziehungen um das 12- resp. 5fache. Aus diesem Umstand wird auch die „Genügsamkeit" und schwierige Verpflanzung der Kiefer erklärlich.

Nicht genug zu beachten ist, dass die Wurzeln nicht nur Wasser und gelöste anorganische Stoffe aus dem Boden aufnehmen, sondern auch Sauerstoff. Bei Abschluss von Sauerstoff wachsen die Wurzeln nicht weiter und beginnen nach einiger Zeit zu faulen. Die Wichtigkeit der Bodenlockerung und Bodenbearbeitung für die Entwickelung der Wurzeln wird dadurch erklärt. Die in der Nähe

1) Haberlandt fand zwischen dem Wurzelgewicht und dem Gewicht der oberirdischen Theile von Wiesengräsern sehr bemerkenswerthe Verschiedenheiten. Das Verhältniss wechselte zwischen 1 : 11,2 (Agrostis alba) und 1 : 0,94 (Avena elatior). Bei den Getreidearten ergaben sich folgende Verhältnisse:

	1. Periode.	2. Periode.	3. Periode.
Sommer-Weizen	1 : 0,673	1 : 4,943	1 : 10,471
Sommer-Roggen	1 : 1,075	1 : 7,171	1 : 12,288
Sommer-Gerste	1 : 1,105	1 : 6,212	1 : 14,556
Hafer	1 : 1,200	1 : 8,319	1 : 10,914

der Oberfläche sich ausbreitenden Wurzeln sind gewöhnlich auch die stärksten und längsten.

Noch muss hervorgehoben werden, dass die Wurzeln nicht nur Stoffe aus dem Boden aufzunehmen im Stande sind, sondern auch anderseits Stoffe an den Boden abgeben, z. B. Kohlensäure (Saussure 1805). Liebig hat mit Bezug hierauf eine eigene Theorie der Stoffentnahme durch die Pflanzenwurzeln aufgestellt. Nach derselben sind die Wurzeln durch diese Wurzelausscheidungen selbst thätig, die Nahrungsmittel sich löslich zu machen, um sie dann aufzunehmen, oder, wie man dies jedenfalls schlecht bezeichnet: „direct dem Gesteine zu entnehmen", eine Fassung, die zu vielen falschen Annahmen und Irrungen Veranlassung gab. Zu den bodenaufschliessenden Culturpflanzen rechnet man namentlich: Esparsette und Luzerne.

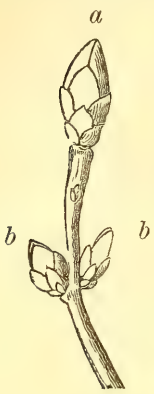
b. Der Stengel.

Der Stengel oder der Stamm, den man nach Umständen Holzstamm, Stock, Schaft, Krautstengel oder Halm nennt, wächst im Allgemeinen dem Lichte entgegen, während die Wurzel in der Erde ihre Nahrung findet. Er trägt Blätter und Blüthen, seine Functionen sind aber denen der letztgenannten Organe untergeordnet. Er geht aus einer Knospe hervor und endet während seines Wachsthums mit einer Knospe. Diejenigen Stengel, welche bei der Keimung unmittelbar aus der Keimachse hervorgegangen sind, heissen Hauptachsen, ihre Verzweigungen Seitenachsen, Aeste oder Zweige. Bei manchen Pflanzen ist ein Theil des Stammes unter der Erde. Man nennt diese Stengelorgane Mittelstöcke. Die Kartoffelpflanze bildet z. B. die Knollen, wie schon hervorgehoben, an einem solchen unterirdischen Theil des Stammes. Der Wurzelstock (Rhizom) ist der unterirdische Stamm mit Blattanlagen, der überirdische Zweige treibt. Aus einem solchen Wurzelstock entspriessen z. B. alljährlich: Hopfen, Spargel. Je nach der Dauer des Stammes unterscheidet man einjährige (Sommerpflanzen), zweijährige und mehrjährige (ausdauernde, perennirende) Pflanzen.

c. Die Knospe.

Die Knospe (Auge) ist eigentlich kein Organ für sich, sondern immer ein bestimmter sehr jugendlicher Entwickelungszustand des Stammes oder der Wurzeln, wonach man dann Stamm- und

Wurzelknospen unterscheidet. Die Stammknospen entwickeln entweder Blätter oder Blüthen. Man unterscheidet zwischen Endknospen (*a*) (an der Spitze des Stengels), Achselknospen (*b*) in der Achsel der Blätter, und Neben- oder Adventivknospen, wenn sie, ohne von einem Blatte gestützt zu sein, an beliebiger Stelle des Stengels entspringen. Die Knospen, welche den Winter überdauern müssen, sind meist durch eine Knospenhülle (Eiche, Kastanie) geschützt. Aus den Knospen kann, unter günstigen Umständen, getrennt oder ungetrennt von der Mutterpflanze, eine neue Pflanze entstehen. Es zeigen die Knospen oft sehr verschiedene Formen, je nachdem die Stengel- oder Blattanlage, welche jede Knospe enthält, vorwiegend entwickelt ist.



Zwiebeln Fig. *a* und Kartoffeln Fig. *b* sind ebenfalls Knospen (Brutknospen); bei ersteren sind die Blätter fleischig entwickelt, bei letzteren die Stengelanlage, die Blätter aber sind verkümmert und nur als eine Falte vorhanden; dagegen findet sich oberhalb dieser Falte

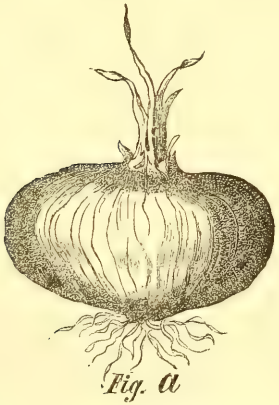


Fig. a

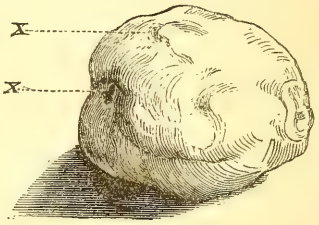


Fig. b

abermals eine Knospenanlage, das „Auge“ der Kartoffeln (*X*). Gleiches findet man auch bei Topinambours.

d. Die Blätter.

Die Blätter sind die Seitenorgane der Stengel. Während an letzteren die Spitzen die jüngsten Theile sind, ist die Spitze der Blätter

der zuerst entwickelte Theil. Man unterscheidet Keim-, Deck-, Laub- und Blüthenblätter. An vollständig entwickelten Blättern unterscheidet man die Blattscheide, den Blattstiel, die Blattfläche; ferner gibt es Hauptrippen, Nebenrippen und Adern. Die Stellung, Form und der Bau der Blätter ist sehr verschieden nach den Pflanzen und der Lebensweise des Blattes selbst. Die Oberhaut der Blätter ist mit Spaltöffnungen (siehe S. 206) versehen.[1]) Die Dauer der Blätter ist sehr verschieden, viele Pflanzen verlieren alljährlich ihre Blätter, die sogenannten immergrünen dauern mehrere Jahre aus. So trägt die Kiefer ihre Nadeln zwei bis drei, die Tanne und Fichte acht bis zwölf Jahre.

Die grüne Farbe der meisten Blätter rührt vom Chlorophyll her. Ueber die Winterfärbung ausdauernder Blätter theilt Wiesner nach Haberlandt's Untersuchungen mit, dass sämmtliche Verfärbungserscheinungen auf drei unter einander ganz verschiedenen physiologischen Vorgängen beruhen. Die Gelbfärbung sei eine durch das Licht verursachte Zerstörung des vorhandenen Chlorophylls bei mangelnder Neubildung desselben, die Braunfärbung werde durch einen in Folge Kälte gebildeten braungelben Farbstoff hervorgerufen und die Rothfärbung sei auf die Entstehung von Anthocyan in Folge Eintrittes der Vegetationsruhe zurückzuführen.

Die Blätter spielen bei der Pflanzenernährung, wie sich später ergeben wird, eine sehr wichtige Rolle.

Als Nebenorgane der Stengel und Blätter sind die Ranken, Dornen, Stacheln, Haare, Drüsen und Schuppen anzuführen.

B. Die Fortpflanzungs-Organe der Pflanze.

a. Die Blüthe.

Die Blüthe wird gebildet von jenen Organen, welche zur Erzeugung neuer Individuen durch die geschlechtliche Fortpflanzung dienen und zumeist umgewandelte Blattorgane sind. Man unter-

---

1) So hat z. B. durchschnittlich auf je 7 Quadratcentimeter das Blatt von

	auf der oberen	auf der unteren Seite	
Alisma Plantago	12000	6000	Spaltöffnungen
Iris germanica	11750	11750	„
Brassica Rapa	21546	41964	„
Nymphaea	26592	0	„
Pyrus communis	0	24000	„
Prunus Laurocerasus	0	90000	„

scheidet an den Blüthen wesentliche und unwesentliche Theile. Die unwesentlichen, äusseren Theile sind der Kelch und die Blumenkrone; die wesentlichen die Staubblätter und Stempel (Pistill). Aus dem letzteren, dem weiblichen Organe, bildet sich nach vorhergegangener Befruchtung durch den in den männlichen Organen, den Staubblättern, gebildeten Blüthenstaub oder Pollen, die Frucht.

Ueber die Fortpflanzung selbst wird später eingehender gesprochen werden.

b. Die Frucht.

Die Frucht entsteht aus der Blüthe, nachdem die Befruchtung vor sich gegangen ist. Sie schliesst die Fruchtknoten und den Samen nebst ihrem verschiedenen Zubehör in sich. Je nachdem die ursprünglichen Theile der Blüthe besondere Formen annehmen, entstehen die verschiedenen Fruchtformen. Man unterscheidet an der Frucht die Fruchthülle oder Fruchtschale (pericarpium) und den Samen (semen). Die Fruchthülle besteht aus verschiedenen Schichten. Je nach der Bildung der äusseren Schicht (epicarpium) erscheint die Frucht glatt (Kirsche), haarig (Pfirsich) oder stachelig (Stechapfel); die mittlere Schicht (mesocarpium) ist häufig fleischig oder saftig; die innerste Schicht (endocarpium) ist oft sehr hart und bildet selbst Steine.

Man kann die Früchte eintheilen in aufspringende und nicht aufspringende Früchte; zu ersteren gehören Kapsel und Spaltfrucht, zu letzteren Steinbeere, Beere und Schliessfrucht.

Der Same ist die zur Reife gekommene Samenknospe und besteht aus einer Samenschale und einem Kern. Der Kern besteht entweder ausschliesslich aus dem Keim (Embryo) oder er enthält auch noch das für den Unterhalt der jungen Pflanze bestimmte Ernährungsmaterial (Endosperm).

Ueber die innere Gestaltung des Samens gibt die beifolgende Abbildung des Längsschnittes durch ein Gerstenkorn eine Vorstellung.

Längsschnitt eines Gerstenkornes durch die Mitte der Hauptrippe der vorderen Spelze (*V. S.*) und die Mitte der hinteren (*H. S.*)

A die ganze Umhüllung des Samens (gebildet von den beiden Spelzen und der Fruchthaut).

a die hintere Spelze (Palea superior).

b die Fruchthaut (Pericarpium).

c der Pigmentstrang (Funiculus pictus)

c' die garbenförmigen Zellen (Tela phakelloidea).

c'' dieselben am unteren Ende des Mehlkörpers.

B Endosperm oder Mehlkörper.

d die der Samenhaut der Vorderseite anliegenden Endospermzellen, Proteïnstoffe und Fett enthaltend.

d' dieselben auf der Hinterseite. Sie sind weniger regelmässig und haben stark verdickte Membranen.

e und *f* Endospermzellen, welche vorzugsweise Stärke einschliessen.

g die Membranen der vom Keimlinge entleerten Zellen.

h die hinteren proteïnhaltigen Zellen am unteren Ende des Mehlkörpers.

C der Embryo oder Keimling.

i Aufsaugegewebe oder Cylinder-Epithel.

k Fortsatz des Schildchens nach rückwärts.

l Wurzelscheide.

m und *n* trichomatische Anhängsel des Keimblattes.

o Spitze des Keimblattes.

p Wurzelhaube.

q Spitze des einen Würzelchens.

r Basalborste.

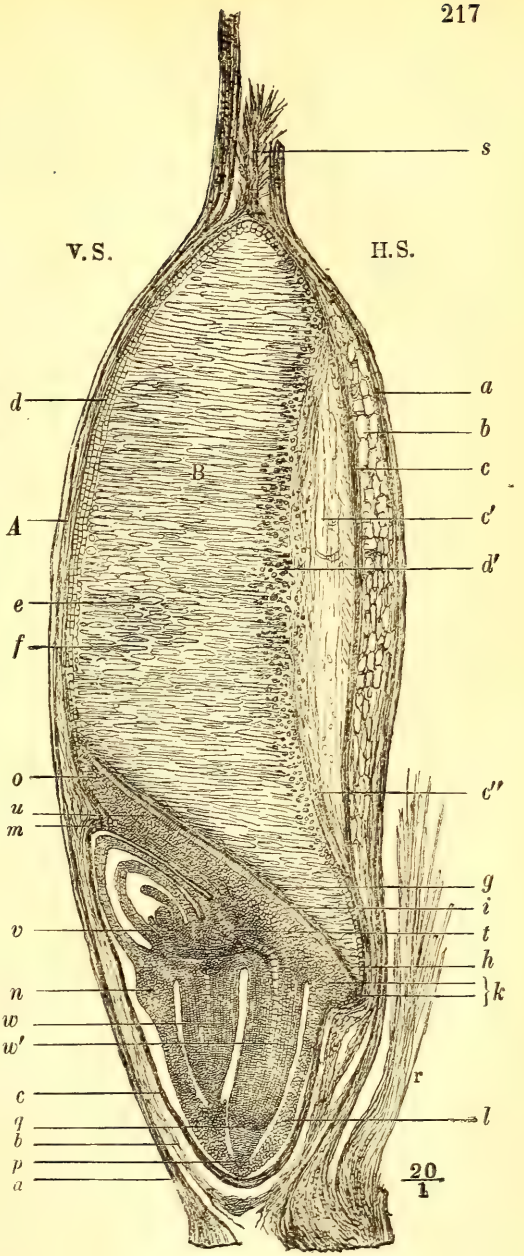
s Schöpfchen.

t Achse des Keimlings.

u Schildchen (Scutellum).

v Knöspchen (Plumula).

w und *w'* Würzelchen (Radicula).



II. Die Pflanze nach ihren chemischen Bestandtheilen.

Wird eine Pflanze in einem Platintiegel bei Luftzutritt verbrannt, so verwandelt sich der grösste Theil derselben in entweichende farblose Gase, ein anderer Theil bleibt als Asche zurück. Den verbrennenden Theil bezeichnet man als organische, letzteren als die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

1. Die unorganischen (mineralischen Aschen-) Bestandtheile der Pflanzen.

Man darf nicht glauben, dass die durch Verbrennen als Asche erhaltenen unorganischen Bestandtheile in gleicher Form, wie sie in der Asche gefunden werden, auch in der Pflanze selbst vorkommen, es können sich einerseits einige Mineralstoffe, z. B. Chloralkalien, Schwefelsäure, durch die Hitze verflüchtigt haben, andererseits enthält die durch Verbrennen gewonnene Asche kohlensaure Verbindungen, die sich erst durch den Verbrennungsprocess aus pflanzensauren gebildet haben. Lange Zeit hielt man die anorganischen Bestandtheile für das Leben der Pflanzen nicht wesentlich, sondern für zufällig und meinte, die Aschenbestandtheile würden durch den Lebensprocess der Pflanze aus anderen Stoffen gebildet. Liebig und Sprengel waren die ersten, welche die Nothwendigkeit der anorganischen Stoffe für die Pflanze entschieden betonten, der exacte Beweis sowohl für die Nothwendigkeit als die Nichterschaffbarkeit der Aschenbestandtheile durch die Pflanze selbst wurde aber erst 1842 durch die Preisarbeit von Wiegmann und Polstorff geliefert. Fussend auf den Wiegmann-Polstorff'schen Experimenten haben in den letzten Jahrzehnten die Agriculturchemiker zur Erforschung des für die einzelne Pflanze entsprechendsten Quale und Quantum an Aschenbestandtheilen mehrere Methoden zur Anwendung gebracht. Es sind dies vor Allem die Wassercultur-Methode, die Methode der Substitution eines indifferenten festen Mediums (Sand, Glasperlen, Schwefel, Torf) an Stelle der Erde und die Methode, welche die Pflanze in einem der natürlichen Ackererde ähnlichen Gemisch und mit abwechselnder Hinweglassung des einen oder des anderen der den Boden constituirenden Bestandtheile zu ziehen versucht.

Wie fruchtbar die beiden ersten, namentlich aber die „durch-

sichtige" Wassercultur-Methode[1]), für das Studium der Aschenbestandtheile und den ganzen Ernährungsprocess der Pflanzen geworden ist, zeigt ein Blick in die neuere agriculturchemische Literatur; auch wir werden in den nachfolgenden Capiteln noch zahlreiche Belege und Resultate dafür anzuführen haben. Vor Allem mussten die Pflanzenaschen analysirt werden, um die überhaupt vorkommenden anorganischen Bestandtheile qualitativ und quantitativ kennen zu lernen. Die Durchführung der Analyse, ganz besonders die Herstellung der Asche, erfordert grosse Cautelen und ist nur für Chemiker von Fach ausführbar.[2]) Die Resultate der von zahlreichen Forschern im Laufe der Jahre nach den vertrauenswürdigsten Methoden durchgeführten Aschen-Analysen sind von E. Wolff[3]) gesammelt und gesichtet worden. Die nachfolgenden Zahlen und Tabellen sind mit Benutzung der Wolff'schen Zahlen zusammengestellt.

---

1) Die sich für die Details der Wassercultur-Methode Interessirenden verweisen wir auf Nobbe's landwirthschaftliche Versuchsstationen. Chemnitz. Focke; besonders auf die Jahrgänge 1860—1870. In einer Mischung von 1,0 Grm. Kalknitrat, 0,25 Grm. Kalinitrat, 0,25 Grm. Kaliphosphat, 0,25 Grm. Magnesiasulphat und 0,2 Grm. Eisenphosphat pro Liter Wasser gedeihen die Pflanzen recht gut. Man sorge, dass die Wurzeln nicht vom Lichte getroffen werden und dass das Wasser nicht zu warm und nicht alkalisch werde.

2) Man vergl. v. Gohren, Anleitung zu chemischen Untersuchungen mit besonderer Beziehung auf Landwirthschaft und landw. Industrie. Leipzig, C. L. Hirschfeld, und E. Wolff, Anleitung zur chem. Unters. landw. wichtiger Stoffe. Berlin, Wiegandt, Hempel und Parey.

3) E. Wolff, Aschen-Analysen von landwirthschaftlichen Producten, Fabrik-Abfällen und wild wachsenden Pflanzen. Berlin. 1871.

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen.		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
I. Samen.				
Baumwolle	8,7	—	—	91,3
Bohnen (Garten-)	14,8	—	—	85,2
„ (Sau-)	14,1	85,2	87,3	85,9
Buchen	18,0	—	—	82
Buchweizen	13,2	85,3	87,0	86,8
Dinkel (mit Spelzen)	14,8	—	—	85,2
Erbsen	13,2	83,1	91,1	86,8
Esparsette	16	—	—	84
Eicheln (ungeschält, frisch)	55,5	44,0	45,4	44,5
„ („ trocken)	14,3	—	—	85,7
„ (geschält, trocken)	16,7	80,8	85,7	83,3
Erlen	14,0	—	—	86,0
Gerste, Sommer-	14,3	80,9	89,2	85,7
„ Winter-	14,3	—	—	85,7
Hafer	13,7	83,6	90,5	86,3
Hanf	12,2	—	—	87,8
Hirse (ungeschält)	13,0	—	—	87
„ (geschält)	13,1	—	—	86,9
Kastanien (echte)	49,2	—	—	50,8
„ (Ross-)	49,2	—	—	50,8
Klee, Roth-	15	—	—	85
Lein	11,8	87,7	92,5	88,2
Linsen	13,4	—	—	86,6
Lupine, gelbe	12,7	82,4	90,6	87,2
„ blaue	15,0	78,0	87,1	85,0
Madia	7,4	91,6	93,7	92,6
Mais	12,7	85,6	91,8	87,3
Mohn	14,7	—	—	85,3
Möhren	12	—	—	88
Pilze, essbare:				
Agaricus campestris	—	—	—	—
Agaricus crustuliformis	—	—	—	—
Boletus edulis	—	—	—	—
Agaricus veluticeps	—	—	—	—
Trüffel v. Périgord	—	—	—	—
Raps	11,8	88,0	92,9	88,2
Reis (geschält)	14,6	—	—	85,4
„ (ungeschält)	12,0	—	—	88,0
Roggen	14,3	81,7	88,2	85,7
Rübe, Runkel-	14	—	—	86
„ Weiss-	12	—	—	88
Senf	12,0	—	—	88

Die mit * bezeichneten Zahlen beziehen sich nicht auf 100 Theile Trocken-

In 100 Theilen der Trockensubstanz sind enthalten:									
Gesammtasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
3,90	1,244	0,074	0,334	0,474	0,076	1,416	0,142	—	0,103
3,22	1,417	0,048	0,215	0,245	0,010	1,144	0,130	0,018	0,028
3,0*	1,20	0,04	0,15	0,20	—	1,16	0,15	0,04	0,08
2,54	0,578	0,253	0,621	0,295	0,068	0,527	0,056	0,048	0,013
1,37	0,316	0,084	0,061	0,170	0,024	0,667	0,029	0·003	0,018
4,29	0,637	0,043	0,112	0,277	0,069	0,886	0,126	2,605	0,028
2,73	1,141	0,026	0,136	0.217	0,016	0,995	0,095	0,024	0,042
4,57	1,304	0,125	1,443	0,304	0,073	1,093	1,148	0,038	0,055
2,18	1,398	0,014	0,151	0,115	0,022	0,325	0,091	0,023	0,038
2,08	0,723	0,030	0,629	0,192	0,061	0,277	0,075	0,082	0,003
2,60	0,524	0,066	0,068	0,224	0,025	0,902	0,044	0,716	0,024
1,99	0,325	0,082	0,015	0,249	0,034	0,653	0,059	0,572	—
3,14	0,514	0,070	0,117	0,222	0,021	0,723	0,043	1,392	0,018
5,27	1,069	0,041	1,246	0,300	0,053	1,922	0,010	0,627	0,004
3,43	0,391	0,044	0,022	0,330	0,037	0,674	0,008	0,817	0,017
2,38	1,349	0,169	0,092	0,178	0,003	0,431	0,092	0,037	0,012
2,36	1,393	—	0,274	0,012	—	0,529	0,034	0,004	0,149
4,50	1,591	0,043	0,288	0,581	0,077	1,707	0,108	0,059	0,055
3,69	1,130	0,076	0,299	0,527	0,041	0,531	0,086	0,046	0,016
1,8*	0,77	0,18	0,09	0,04	—	0,52	—	0,02	0,06
3,95	1,179	0,015	0,352	0,460	0,045	1,658	0,170	0,017	0,010
4,5*	0,44	0,52	0,36	0,82	—	2,58	—	—	—
1,51	0,422	0,028	0,034	0,226	0,019	0,680	0,020	0,028	0,021
6,04	0,823	0,062	2,136	0,573	0,026	1,894	0,116	0,196	0,277
8,51	1,625	0,401	3,305	0,571	0,084	1,341	0,481	0,451	0,319
1,015	0,475	0,351	0,025	Spuren	—	0,084	0,050	—	0,030
1,011	0,196	0,526	0,012	—	—	0,276	Spuren	—	Spuren
0,978	0,680		Spuren	0,043	—	0,084	0,137	—	0,034
0,985	0,772		0,028	—	—	0,185	—	—	—
1,012	0,214	0,527	0,070	—	—	0,173	0,028	—	Spuren
4,44	1,088	0,022	0,630	0.524	0,069	1,880	0,106	0,063	0,007
0,39	0,085	0,072	0,013	0,044	0,005	0,208	0,002	0,011	0,001
6,9*	1,27	0,31	0,35	0,59	—	3.26	0,04	0,04	—
2,09	0,658	0,036	0,055	0,241	0,034	0,981	0,023	0,039	0,013
5,30	1,301	0,487	1,189	0,855	0,020	0,879	0,237	0,096	0,219
3,5*	0,77	0.03	0,61	0,30	—	4,41	0,25	0,022	—
4,20	0,678	0,224	0,808	0,421	0,042	1,677	0,207	0,104	0,022

substanz, sondern auf 100 Theile des lufttrockenen Materiales.

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Sorgho	14	—	—	86
Spörgel, Riesen-	8,7	—	—	91,3
Traubenkerne	12,0	—	—	88
Weizen	14,3	81,3	89,2	85,7
Wicken	13,6	84,2	91,0	86,4
II. Wurzeln und Knollen.				
Cichorie	80,0	—	—	20,0
Kartoffel	75	20,1	29,3	25,0
Kohlrabi-Knollen	86,7	—	—	13,3
Kohlrübe	87,6	9,6	15,3	12,4
Möhre	85,9	10,1	20,8	14,1
Rübe, Futterrunkel-	88,0	7,7	24,6	12,0
„ Weiss-	91,5	7,1	13,9	8,5
„ Zucker-	81,5	10,2	21,8	18,5
Topinambour	80,0	16,5	20,9	20,0
Turnips	92,0	—	—	8,0
III. Kraut und Blätter der Wurzelgewächse.				
Cichorie	85,0	—	—	15,0
Kartoffel	82,5	—	—	17,5
Kohlrabi	85,7	13,3	15,0	14,3
Kraut, Weiss-	88,5	—	—	11,5
Krautstrunk	82,0	—	—	18,0
Rüben, Futterunkel-	90,7	8,0	10,0	9,3
„ Zucker-	89,0	—	—	11
„ Mohr-	80,7	17,8	23,5	19,3
„ Kohl-	85,0	—	—	15,0
Turnips	89,8	—	—	10,2
IV. Stroh von				
Bohnen, Garten-	15,0	—	—	85,0
„ Sau-	18,0	78,0	85,5	82,0
Buchweizen	16,0	—	—	84,0
Dinkel, Winter-	14,3	—	—	85,7
Erbsen	14,3	82,6	88,1	85,7
Gerste	14,3	82,5	89,1	85,7
Hafer	14,3	78,8	89,7	85,7
Hanfstengel	15,0	—	—	85.0
Hopfenranken	10,6	—	—	89,4
Kleestroh von Samenklee	15,0	—	—	85,0
Leinstengel	14,0	—	—	86,0
Lupine	14,2	—	—	85,8
Mais	14,0	—	—	86,0
Mohn	16,0	—	—	84,0
Raps	18,0	78,5	87,8	82,0
Roggen, Sommer-	14,3	—	—	85,7

In 100 Theilen der Trockensubstanz sind enthalten:

Gesammtasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
1,86	0,378	0,061	0,023	0,276	0,035	0,947	—	0,140	—
2,56*	0,523	—	0,144	0,292	—	1,200	—	0,197	0,090
2,81	0,805	—	0,943	0,241	0,016	0,675	0,071	0,031	0,009
1,97	0,614	0,044	0,066	0,236	0,026	0,928	0,007	0,042	0,004
3,10	0,934	0,244	0,249	0,278	0,039	1,158	0,114	0,041	0,084
1,0*	0,42	0,08	0,09	0,07	—	0,15	0,10	0,06	0,04
3,77	2,276	0,099	0,097	0,177	0,045	0,653	0,245	0,080	0,117
7,26	2,934	0,740	0,865	0,191	0,031	1,088	0,924	0,066	0,584
1,0*	0,49	0,06	0,14	0,09	—	0,08	0,01	0,05	—
5,58	1,965	1,232	0,637	0,264	0,058	0,695	0,375	0,138	0,290
6,44	3,479	1,024	0,265	0,292	0,053	0,544	0,204	0,151	0,541
0,6*	0,31	0,02	0,08	0,01	—	0,11	4,04	0,01	0,04
3,86	2,127	0,386	0,207	0,291	0,036	0,424	0,147	0,070	0,200
4,88	2,330	0,496	0,160	0,143	0,183	0,683	0,240	0,496	0,189
8,01	3,637	0,788	0,840	0,296	0,065	1,018	0,896	0,150	0,406
1,5*	1,12	0,01	0,27	0,06	—	0,17	0,17	0,02	0,03
1,5*	0,23	0,04	0,51	0,26	—	0,10	0,09	0,12	0,07
16,88	2,431	0,655	5,621	0,672	1,021	1,749	1,972	1,774	1,278
13,92	5,505	0,752	2,726	0,530	0,139	1,215	2,062	0,184	1,038
1,2*	0,51	0,06	0,13	0,05	—	0,24	0,09	0,02	0,01
15,18	4,668	3,080	1,685	1,444	0,220	0,829	0,906	0,547	2,256
17,58	5,007	2,576	2,576	2,639	0,172	1,213	0,912	0,564	2,016
13,53	1,524	2,683	4,431	0,468	0,340	0,598	1,014	1,524	1,208
2,5	0,36	0,10	0,84	0,10	—	0,26	0,30	0,26	0,10
11,64	2,727	1,100	3,832	0,461	0,184	0,850	1,094	0,446	1,179
4,79	1,528	0,375	1,315	0,300	0,054	0,457	0,200	0,231	0,369
5,35	2,256	0,131	1,198	0,406	0,067	0,395	0,190	0,394	0,313
6,15	2,882	0,136	1,134	0,225	—	0,731	0,327	0,342	0,485
5,85	0,608	0,030	0,337	0,145	0,045	0,299	0,137	4,199	0,062
5,13	1,175	0,209	1,889	0,413	0,088	0,413	0,321	0,350	0,289
4,80	1,097	0,198	0,373	0,125	0,033	0,215	0,178	2,497	0,109
4,70	1,040	0,136	0,416	0,190	0,068	0,220	0,145	2,283	0,297
3,90	0,536	0,081	2,383	0,287	0,045	0,273	0,085	0,406	0,074
4,85	1,360	0,196	1,498	0,324	0,043	0,523	0,158	0,410	0,440
6,0	2,765	0,104	1,384	0,758	0,058	0,511	0,083	0,087	0,317
3,53	1,096	0,287	0,785	0,232	0,085	0,464	0,231	0,195	0,144
4,96	0,962	0,316	1,774	0,434	0,230	0,444	0,360	0,247	0,155
4,87	1,118	0,713	0,469	0,300	0,076	0,617	0,146	1,358	0,084
5,78	2,194	0,077	1,748	0,374	0,127	0,187	0,294	0,659	0,156
4,92	1,342	0,460	1,396	0,300	0,091	0,293	0,373	0,312	0,412
4,44	1,303	—	0,484	0,205	—	0,351	0,137	3,040	—

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Roggen, Winter-	14,3	81,4	89,7	85,7
Weizen, Winter-	14,3	74,0	91,9	85,7
Wicken	14,3	83,3	87,5	85,7
V. Spreu und Schoten.				
Bohnen, Sau-	15,3	82,0	85,0	84,7
Dinkel	14,3	—	—	85,7
Gerste (Grannen)	14,3	—	—	85,7
Hafer	14,3	—	—	85,7
Leinsamen	12,0	—	—	88,0
Lupinen	14,3	—	—	85,7
Maiskolben (entkörnte)	14,0	—	—	86,0
Roggen	14,3	—	—	85,7
Raps	12,2	82,0	93,5	87,8
Reisspelzen	—	—	—	—
Weizen	14,3	86,0	91,5	85,7
VI. Grün-Futter.				
Ackerspörgel	80,9	10,2	24,6	19,1
Erbsen	81,5	13,3	23,9	18,5
Esparsette	78,5	20,0	23,4	21,5
Futter-Hafer	81,8	14,5	23,0	18,2
„ -Roggen	76,0	20,4	33,5	24,0
„ -Wicken	82,0	15,7	19,4	18,0
Grünmais	82,2	14,3	23,2	17,8
Grünraps	86,0	13,0	15,0	14,0
Hopfenranken (frisch)	53,0	—	—	47,0
Klee, Bastard-	82,0	13,0	23,3	18,0
„ Hopfen-	79,0	20,2	23,3	21,0
„ Inkarnat-	82,0	17,4	18,5	18,0
„ Roth-	79,3	14,7	28,7	20,7
„ Weiss-	80,2	16,4	20,3	19,8
„ Wund- (kurz vor der Blüthe)	83,0	—	—	17,0
Luzerne	75,3	16,5	30,1	24,7
Mohar (blühend)	68,0	19,0	37,1	32,0
Süssgräser, div. (blühend)	70,8	22,0	40,5	29,2
Timotheegras	68,1	—	—	31,9
Wiesengras	71,9	12,4	48,1	28,1
Zuckermohrhirse	76,2	15,9	26,0	23,8
VII. Heu.				
Heu von Bastardklee	16,7	—	—	83,3
„ „ Esparsette	16,4	83,3	84,0	83,6
„ „ Hopfenklee	16,4	83,3	84,0	83,6
„ „ Inkarnatklee	16,7	—	—	83,3
„ „ Luzerne	16,4	83,3	87,5	83,6
„ „ sumpfigem Moorboden	13,0	85,4	88,7	87,0
„ „ Mohar	13,4	83,7	90,1	86,6
„ „ Rothklee	16,0	78,4	87,1	84,0
„ „ Spörgel	14,6	83,3	87,5	85,4

In 100 Theilen der Trockensubstanz sind enthalten:									
Gesammtasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
4,79	0,922	0,103	0,411	0,130	0,050	0,246	0,130	2,701	0,120
5,37	0,733	0,074	0,309	0,133	0,033	0,258	0,132	3,625	0,090
5,25	0,746	0,819	1,851	0,440	0,079	0,320	0,391	0,431	0,258
6,41	4,156	0,151	0,794	0,699	0,030	0,317	0,144	0,033	0,117
9,50	0,903	0,029	0,228	0,238	0,047	0,699	0,210	7,049	—
13,95	1,097	0,134	1,475	0,180	0,208	0,284	0,426	10,072	0,095
8,31	0,534	0,342	0,461	0,171	0,121	0,155	0,404	5,879	0,096
6,22	1,754	0,343	1,745	0,372	0,098	0,516	0,389	0,572	0,551
2,16	1,027	0,080	0,421	0,172	0,005	0,131	0,055	0,111	0,048
0,52	0,265	0,007	0,019	0,023	0,001	0,024	0,011	0,148	0,028
9,65	0,608	0,031	0,404	0,132	0,022	0,648	0,015	7,952	0,050
8,42	1,353	0,509	4,177	0,477	0,120	0,393	0,834	0,110	0,518
10,00	0,160	0,158	0,101	0,96	0,054	0,186	0,092	8,971	—
10,73	0,981	0,192	0,202	0,136	0,040	0,461	—	8,715	—
6,76	2,365	0,546	1,295	0,819	—	0,996	0,233	0,099	0,529
7,49	2,786	0,276	1,876	0,761	0,064	0,820	0,615	0,096	0,242
5,50	1,566	0,180	2,016	0,357	0,063	0,547	0,167	0,439	0,211
8,12	3,354	0,289	0,532	0,248	0,057	0,689	0,339	2,240	0,344
1,6	0,63	0,01	0,12	0,05	—	0,24	0,02	0,52	—
10,05	3,393	0,677	2,736	0,642	0,096	1,282	0,341	0,589	0,365
6,00	2,160	0,269	0,807	0,686	0,163	0,652	0,216	0,867	0,461
8,10	2,688	0,269	1,282	0,322	0,095	0,909	1,131	0,384	0,595
4,85	1,360	0,196	1,498	0,324	0,043	0,523	0,158	0,410	0,440
4,76	1,317	0,145	1,619	0,595	0,018	0,484	0,196	0,189	0,260
6,45	2,014	0,527	1,787	0,544	0,085	0,529	0,258	0,223	0,571
6,08	1,403	0,517	1,921	0,370	0,120	0,428	0,154	0,988	0,216
6,83	2,196	0,139	2,406	0,744	0,072	0,674	0,206	0,162	0,266
7,16	1,207	0,538	2,313	0,715	0,173	1,007	0,582	0,303	0,262
6,69	1,430	0,151	3,904	0,267	0,068	0,512	0,124	0,182	0,063
7,46	1,834	0,153	3,146	0,393	0,103	0,657	0,442	0,453	0,257
6,95	2,518	0,109	0,720	0,640	0,063	0,405	0,250	1,943	0,359
7,01	2,080	0,257	0,510	0,204	0,098	0,592	0,260	2,641	0,367
7,24	2,380	0,171	0,521	0,224	0,061	0,842	0,206	2,573	0,248
6,02	1,538	0,265	1,007	0,380	0,075	0,482	0,275	1,626	0,435
6,50	1,821	0,887	0,612	0,269	0,064	0,388	0,220	1,533	0,500
4,76	1,317	0,145	1,619	0,595	0,018	0,484	0,196	0,189	0,260
5,50	1,566	0,180	2,016	0,357	0,063	0,547	0,167	0,439	0,211
6,45	2,014	0,527	1,787	0,544	0,085	0,529	0,258	0,223	0,571
6,08	1,403	0,517	1,921	0,370	0,120	0,428	0,154	0,988	0,216
7,46	1,834	0,153	3,146	0,393	0,103	0,657	0,442	0,453	0,257
7,11	2,060	0,574	0,471	0,333	0,183	0,533	0,267	2,357	0,452
6,95	2,518	0,139	0,720	0,640	0,063	0,405	0,250	1,943	0,354
6,83	2,196	0,139	2,406	0,744	0,072	0,674	0,206	0,162	0,266
6,76	2,365	0,546	1,295	0,819	—	0,996	0,233	0,099	0,529

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel).	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Heu von Süssgräsern	14,3	—	—	85,7
„ „ Weissklee	16,7	78,5	84,6	83,3
„ „ Wundklee	16.7	—	—	83,3
Wiesenheu	14,3	80,3	90,2	85,7
VIII. Blätter von Holzpflanzen[1]).				
Buche, Roth-	60	—	—	40
Buche, Weiss- (abgestorben)				
Eiche, Stiel- (abgestorben)				
Kastanie, Ross- (Frühjahr)	70	—	—	30
„ „ (Herbst)	60	—	—	40
Maulbeerbaum	65,0	28,0	36,0	35
„ (getrocknet)	—	—	—	100
Nadeln, Kiefer- (Herbst)	55	—	—	45
„ Fichten (desgl.)	55	—	—	45
Nussbaum (Frühjahr)	70	—	—	30
„ (Herbst)	60	—	—	40
Olivenbaum	60	—	—	40
Rhus Toxicodend. (Sumach)	60	—	—	40
IX. Streumaterial.				
Besenpfriemen	84	—	—	16
Binsen	86	—	—	14
Farrenkraut	84	—	—	16
Haidekraut	80	—	—	20
Riedgräser	86	—	—	14
Rohrschilf	82	—	—	18
Schachtelhalm	86	—	—	14
Seegras	82	—	—	18
Simsen	86	—	—	14
X. Obst und Beeren.				
Aepfel	83,0	—	—	17,0
Birne (rothe süsse)	83,5	—	—	16,5
Birne, Blut-	83,8	—	—	16,2
Birne, Kaiser-	81,4	—	—	18,6
Erdbeeren	87,2	—	—	12,8
Kirschen (süss)	79,2	—	—	20,8
Kirschen (sauer)	80,5	—	—	19,5
Pflaumen	87,0	—	—	13,0
Stachelbeeren	86,0	—	—	14,0
XI. Holzpflanzen.				
Buchen, einjährige	—	—	—	—
Fichten, einjährige	—	—	—	—
„ zweijährige	—	—	—	—
„ vierjährige	—	—	—	—
Kiefern, einjährige	—	—	—	—

1) Der Wassergehalt ist durchschnittlich zu 60% angenommen, thatsächlich frischen Substanz gefunden. Letztere bestand aus den Blättern und den grünen,

In 100 Theilen der Trockensubstanz sind enthalten:									
Gesammtasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
7,01	2,080	0,257	0,510	0,204	0,098	0,592	0,260	2,641	0,367
7,16	1,207	0,538	2,313	0,715	0,173	1,007	0,582	0,303	0,262
6,69	1,430	0,151	3,904	0,267	0,068	0,512	0,124	0,182	0,063
6,02	1,538	0,265	1,007	0,380	0,075	0,482	0,275	1,626	0,435
1,8*	0,10	0,01	0,90	0,12	—	0,08	0,07	0,68	0,07
6,88	0,207	0,043	3,108	0,408	0,072	0,285	0,250	2,318	0,027
4,90	0,164	0,030	2,383	0,194	0,030	0,396	0,217	1,517	—
2,1*	0,83	—	0,46	0,08	—	0,50	0,13	0,06	0,08
3,0*	0,59	—	1,22	0,24	—	0,25	0,05	0,42	0,12
3,8*	—	0,74	0,89	0,18	0,04	0,33	0,01	1,27	0,001
12,8*	2,88	0,17	4,26	0,64	—	0,66	0,25	4,05	2,20
3,50	0,197	0,059	1,163	0,203	0,222	0,198	0,080	1,196	0,049
5,82	0,105	0,015	0,773	0,099	0,193	0,258	0,116	4,117	0,016
2,3*	0,90	—	0,62	0,11	—	0,49	0,06	0,03	0,01
2,8*	0,76	—	1,53	0,28	—	0,11	0,08	0,06	0,02
2,6*	0,64	—	1,46	0,13	—	0,09	0,08	0,09	—
3,2*	0,80	—	0,69	0,20	—	0,37	0,12	0,22	—
1,81	0,645	0,040	0,289	0,213	0,084	0,151	0,059	0,168	0,026
5,59	2,205	0,365	0,421	0,356	0,199	0,504	0,156	0,786	0,735
6,76	2,405	0,273	0,830	0,469	0,111	0,553	0,235	1,379	0,533
2,08	0,268	0,137	0,447	0,195	0,085	0,140	0,085	0,617	0,050
6,9*	2,31	0,51	0,37	0,29	—	0,47	0,23	2,18	0,39
4,47*	8,33	0,028	0,406	0,130	0,079	0,276	0,067	2,436	0,162
20,4*	2,70	0,01	2,56	0,47	—	0,41	1,29	11,0	1,17
14,91	1,935	3,322	2,031	1,215	0,115	0,468	3,210	0,309	2,672
5,59	2,205	0,465	0,421	0,356	0,199	0,504	0,156	0,786	0,735
1,44	0,514	0,376	0,059	0,126	0,020	0,196	0,088	0,062	—
1,97	1,077	0,168	0,157	0,103	0,020	0,299	0,112	0,029	—
3,40	0,716	0,968	0,483	—	0,200	0,470	0,107	0,410	0,048
2,20	1,141	0,048	0,164	0,120	0,044	0,351	0,112	0,199	0,030
1,82	1,078	0,010	0,183	0,099	0,058	0,275	0,070	0,043	—
3,39	1,310	0,336	0,414	0,198	0,155	0,667	0,200	0,087	0,025
2,62	0,529	—	0,904	0,172	0,143	0,323	0,206	0,209	—
3,07	0,658	—	0,104	0,171	0,150	0,571	0,237	0,154	—
2,54	0,555	—	0,731	0,159	0,125	0,392	0,145	0,296	—
2,58	0,495	—	0,791	0,141	0,133	0,415	0,156	0,282	—
2,44	0,638	—	0,450	0,148	0,229	0,467	0,168	0,303	—

wurde er bei diesen als Futter verwendbaren Laubarten zwischen 51—60% der weichen Zweigspitzen.

Aus diesen Tabellen und sonstigen Analysen ergibt sich, dass folgende Elemente überhaupt in den Pflanzenaschen gefunden wurden:

Von Metalloïden ausser Kohlenstoff und Sauerstoff: Schwefel, Phosphor, Arsen, Silicium, Titan, Bor, Chlor, Brom, Jod und Fluor. Von Metallen: Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Magnesium, Calcium, Barium, Strontium, Eisen, Aluminium, Zink, Mangan, Cobalt, Nickel und Kupfer.

Die gesperrt gedruckten Elemente fehlen in den Pflanzen fast nie, die anderen kommen nur höchst selten in berücksichtigungswerther Menge vor.

Welche von diesen Elementen, so war zunächst zu fragen, sind für die Pflanzen unentbehrlich, welche nützlich, welche entbehrlich? Ferner: in welcher Form werden die Elemente von der Pflanze aufgenommen und in welcher Form finden sie sich in der Pflanze? Welche Functionen erfüllen sie in der Pflanze?

Zur Erledigung dieser Fragen hat die Wassercultur-Methode ganz unschätzbare Dienste geleistet. Aus den zahlreichen, in dieser Richtung angestellten Versuchen hat sich ergeben, dass ausser Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff von den Metalloïden Schwefel und Phosphor und von den Metallen Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen zur Bildung organischer Materie absolut nothwendig sind. Fehlt eines dieser Elemente, so sind die anderen wirkungslos, keines von ihnen kann von einem anderen, wenn auch in chemischer Beziehung ihm noch so nahe stehenden, vertreten werden. Diese Elemente sind also mit Rücksicht auf ihre Unentbehrlichkeit für das Pflanzenleben gleichwerthig.

Die anderen regelmässig aufgefundenen Aschenbestandtheile: Silicium, Chlor und Natrium können wohl nicht als absolut unentbehrliche Bestandtheile aller Pflanzen angesehen werden, denn es gelingt auch ohne sie vollkommen, den physiologischen Kreislauf normal abschliessende Pflanzen zu erziehen, wohl aber kann nicht in Abrede gestellt werden, dass ihnen unter Umständen Functionen zukommen, die für die gedeihliche Entwickelung der Pflanzen nicht unwesentlich sind.

Seltener als die vorgenannten Elemente finden sich Jod, Fluor, Aluminium und Mangan und noch seltener die übrigen oben aufgezählten.

Gehen wir sie einzeln durch.

Schwefel ist für die Pflanzen unentbehrlich und wird nur in Form neutraler schwefelsaurer Salze aufgenommen; die sauerstoffärmeren Schwefelverbindungen und freier Schwefel, sowie die Schwefelmetalle sind den Pflanzen schädlich. Der Schwefel wird besonders benöthigt zur Bildung schwefelhaltiger Albuminate und ätherischer Oele.

Phosphor ist gleich dem Schwefel unentbehrlich und in Form phosphorsaurer Salze assimilirbar; er wird zur Bildung der Albuminate und phosphorhaltiger Oele verwendet.

Das Silicium, welches man früher als für die Pflanzen unentbehrlich ansah, ist nach neueren Untersuchungen als entbehrlich, wenn auch in vielen Beziehungen als nützlich, erkannt worden. Es findet sich namentlich in jenen Pflanzentheilen, in welchen kein reger Stoffwechsel mehr stattfindet (ältere Zellhäute) und in solchen, welche zum Schutze anderer Pflanzentheile dienen (Spelzen, Grannen, Rinden). Gräser, Schachtelhalme und gewisse einzellige Algen sind sehr reich an Einlagerungen von Kieselsäure, in welcher Verbindung das Silicium in den Pflanzen auftritt und auch von ihnen aufgenommen wird.[1])

Chlor findet sich regelmässig in den Pflanzen. Ueber seine Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit sind zwischen den Agricultur-Chemikern (Knop, Nobbe) lebhafte Controversen geführt worden. Für die normale Entwickelung einzelner Pflanzen (z. B. Buchweizen) scheint die Gegenwart des Chlor allerdings Bedingung; man vermuthet, dass es zur Löslichmachung der Stärke in den Blättern behufs Wanderung functionire, und unter gewissen Verhältnissen kann das Chlor daher wohl auch nothwendig, mindestens nützlich sein. Das Chlor wird den Pflanzen am besten in Form von Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorammonium, minder vortheilhaft als Chlorcalcium und Chlormagnesium dargeboten. Bemerkenswerth für die Function des Chlor ist, dass Chlorzufuhr in den Düngungen den Gehalt der Feldfrüchte an Zucker und Stärke vermindert.[2])

Das Kalium wird in den Pflanzen vornehmlich als organisch saure Kaliverbindungen gefunden; dargeboten wird es ihnen am vortheilhaftesten als salpetersaures, schwefelsaures, phosphorsaures, salzsaures und kieselsaures Kali, nicht gut als kohlensaures Kali. Eine gewisse Beziehung zwischen dem Kalium und den Kohlehydraten in den Pflanzen ist unverkennbar. Ohne Kalium wächst eine Pflanze nicht.

Das Natrium, so constant es auch in den Pflanzenaschen gefunden wird, ist entbehrlich. Vorgefunden und aufgenommen wird das Natrium in denselben Formen und Verbindungen wie das Kalium.

Calcium ist für die Pflanzen nothwendig; es findet sich in denselben theils als anorganisches, besonders schwefelsaures oder kohlensaures, theils als organisches, namentlich oxalsaures Kalk-

1) Die Humusbestandtheile des Bodens scheinen stark an der Ueberführung der Kieselsäure in die Pflanze betheiligt.

2) Peligot bezweifelt, gestützt auf neuere Versuche, die Beziehung zwischen Zuckergehalt und Chlorüren.

salz. Die beste Form für die Assimilation ist die kohlensaure, phosphorsaure, salpetersaure und schwefelsaure Verbindung. Bei der Bildung der Blattorgane scheint dem Calcium eine wichtige Function zuzukommen.

Gleich dem Calcium ist das Magnesium ein unentbehrlicher Pflanzenbestandtheil und wird in denselben Formen und Verbindungen, wie das Calcium, gefunden und auch am besten dargeboten. Das Magnesium scheint in gewissen Relationen zu dem Phosphor und den Albuminaten in den Pflanzen zu stehen.

Die Form, in welcher das für alle Pflanzen unentbehrliche Eisen in denselben vorkommt, ist noch nicht bekannt; dargeboten wird es ihnen am vortheilhaftesten als phosphorsaures Eisenoxyd. Seine Hauptfunction scheint bei der Bildung des Chlorophylls zu sein.

Jod und Fluor sind für die landwirthschaftlichen Culturpflanzen von geringerer Bedeutung, ebenso das Aluminium und Mangan. Jod findet sich am meisten in den Seepflanzen, Fluor in den Getreidearten, Aluminium in verschiedenen Lycopodiaceen und Flechten, Mangan, das übrigens weit verbreitet, wenn auch in geringen Mengen vorkomnt, besonders in den Waldbäumen. So enthalten nach Leclerc 100 Th. Asche von der Weissbuche 7,454, von der Rothbuche 5,307, von der Eiche 1,488 Th. Manganoxyd. Die geringste Menge enthält die Reisasche, nämlich 0,0010 %.

Brom, Bor, Strontium, Barium, Lithium, Rubidium, Titan, Arsen, Blei, Zink sind, wenn sie auch hie und da in der Asche gefunden werden, für die Pflanzen von keiner Bedeutung.

Vergleicht man die Asche von grünen Pflanzen mit jener von Pilzen, so ergibt sich (Cailletet), dass die Zusammensetzung der Pilzaschen einfacher ist, als die der grünen Gewächse. Kieselsäure findet sich in der Pilzasche gar nicht, ebenso wenig Eisen, ferner ist sie arm an Kalk und Magnesia, hingegen sehr reich an Alkalien und Phosphorsäure (siehe Tabelle).

Das Studium der Aschenanalysen führt uns aber zu noch mehreren bemerkenswerthen Thatsachen. Auffällig sind vor Allem die grossen Schwankungen in den Mengen der Gesammtaschen und der einzelnen Aschenconstituenten einer und derselben Pflanze. Folgende wenige Beispiele mögen als Beleg dienen.

Beim Wiesengras resp. Wiesenheu hat man Schwankungen in der Reinasche von 2,10—11,30 %, im Kaligehalt von 7,63—56,58 %, im Natron von 0,30—13,78 %, im Kalk von 8,38—32,70 %, in der Magnesia von 2,52—16,65 %, im Eisenoxyd von 0,13—4,92 %, in der Phosphorsäure von 4,61—21,31 %, in der Schwefelsäure von 0,65—8,64 %, in der Kieselsäure von 10,44—63,21 %, im Chor von 1,88—21,39 %. Beim Sommerweizen finden sich Schwan-

kungen: Reinasche 2,99—6,09 %, Kali 10,05—43,40 %, Phosphorsäure 3,40—6,40 %; bei dem Gerstenstroh: Reinasche 2,97—6,80 %, Kali 10,76—44,46 %, Phosphorsäure 2,20—7,20 %; bei der Erbse: Reinasche 3,39—6,80 %, Kali 9,34—35,85 %; Phosphorsäure 3,34—8,15 %; beim Leinstengel: Reinasche 2,06—4,44 %; Kali 9,70—45,95 %, Phosphorsäure 9,03—29,60 %, bei der Kartoffel: Reinasche 2,20—5,80 %, Kali 43,95—73,61 %, Natron 0—16,93 %, Phosphorsäure 8,39—27,14 % u. s. w.

Diese Zahlen beweisen, dass die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, unter Umständen grössere oder geringere Mengen anorganischer Bestandtheile in sich aufzunehmen und abzulagern. Vor allen influiren Boden, Witterung und Düngung auf die Menge und Zusammensetzung der Pflanzenaschen.

Den Einfluss des Bodens mögen folgende Analysen illustriren:

	Gut gedeihende Strandkiefer (Kieselboden)	Schlecht gedeihende Strandkiefer (Kalkboden)
Phosphorsäure	9,00	9,14
Kieselsäure	9,18	6,42
Kalk	40,20	56,14
Eisenoxyd	3,83	2,07
Magnesia	20,09	18,80
Kali	16,04	4,95
Natron	1,91	2,52
	100,25	100,04
Aschengehalt in Proc.	1,32	1,535

Die folgende von Röthe ausgeführte Analyse von kriechendem Günzel (Ajuga reptans) zeigt dies ebenfalls. Es enthielt die Asche

	gewachsen auf Kalkboden	gewachsen auf Thonboden
Kali	37,312	36,388
Natron	0,000	4,807
Kalk	23,734	15,699
Magnesia	10,702	5,433
Eisenoxyd	2,791	1,695
Manganoxyduloxyd	Spur	2,289
Phosphorsäure	5,460	5,512
Schwefelsäure	3,629	3,678
Chlorkalium	5,043	0,000
Kochsalz	2,661	2,781
Kieselsäure	8,606	21,713
	100,000	100,000
Aschengehalt	10,375	9,456

Auch die Höhenlage des Bodens ist für den Aschengehalt der Pflanzen nicht gleichgiltig. R. Weber fand für Lärchennadeln und Buchenlaub, dass der Aschengehalt der Nadeln und Blätter aus höheren Regionen procentisch geringer war als aus tieferen. Er fand ferner, dass die Gesammtmenge der Reinasche in einer auffallenden, umgekehrten Beziehung zu den Procenten an Kali, Phosphorsäure und Schwefelsäure stand.

Zahlreich sind die Analysen, welche den Einfluss der Witterung und Düngung auf den Aschengehalt der Pflanzen beweisen. Als Beispiel seien aus reichem Material einige Aschenanalysen von Rothklee herausgegriffen:

	Ohne Gyps		Mit Gyps	
	Günstige Witterung	Ungünst. Witterung	Günstige Witterung	Ungünst. Witterung
Reinasche	10,5	8,8	5,4	5,6
Kali	23,6	29,4	35,4	34,7
Natron	1,2	2,9	0,9	0,3
Kalk	28,5	33,2	29,4	36,7
Magnesia	7,6	7,3	6,7	10,2
Eisenoxyd	1,2	0,6	1,0	—
Phosphorsäure	9,7	7,1	9,0	8,2
Schwefelsäure	3,9	3,1	3,4	3,2
Kieselsäure	20,2	13,1	10,4	3,7
Chlor	4,1	3,3	3,8	3,0

Dass die Zusammensetzung der Aschen der verschiedenen Pflanzengruppen ziemlich schwankt, ist begreiflich. Nach Johnson stellen sich etwa folgende Durchschnittszahlen heraus:

	Alkalien	Magnesia	Kalk	Phosphorsäure	Kieselsäure	Schwefelsäure	Chlor
Körnerfrüchte:							
Körner (ohne Hülse)	30	12	3	46	2	2,5	1
Stroh	13—27	3	7	5	50—70	2,5	2
Leguminosen:							
Körner	44	7	5	35	1	4	2
Stroh	27—41	7	25—39	8	5	2— 6	6— 7
Knollenfrüchte:							
Wurzeln	60	3— 9	6—12	8—18	1— 4	5—12	3— 9
Kraut	37	3—16	10—35	3— 8	3	6—13	5—17
Gräser:							
in Blüthe	33	4	8	8	35	4	5

Ebenso schwankt die Zusammensetzung der Asche der verschiedenen Organe ein und derselben Pflanze. Bei der Rosskastanie erhielt z. B. Wolff folgende Zahlen:

	Rein-asche	Kali	Kalk	Mag-nesia	Phos-phor-säure	Schwe-fel-säure	Kiesel-säure	Chlor
Reife Frucht:								
Mehlkern . . .	2,76	61,74	11,46	0,58	22,81	1,66	0,19	2,01
Braune Schale .	1,38	53,41	16,69	2,39	18,93	3,62	0,85	5,28
Grüne Schale .	5,50	75,91	8,81	1,14	5,28	1,01	0,57	9,72
Unreife Frucht .	3,70	58,77	9,93	2,24	20,83	3,66	0,76	4,77
Junge Rinde . .	4,87	12,13	76,84	1,71	6,04	—	1,13	2,79
Junges Holz . .	0,80	25,65	42,96	4,88	19,22	—	2,60	6,05
Junge Blätter . .	6,64	27,88	29,25	2,61	22,36	9,09	4,90	5,04
Blattstengel . . .	11,13	46,20	21,68	3,04	14,80	3,76	1,04	12,22
Blüthenstengel . .	9,36	64,08	9,29	1,31	17,08	3,52	0,73	5,13
Kelch und Frucht-knoten . . .	5,18	61,72	12,26	5,87	16,63	3,73	1,68	2,37
Staubfäden . . .	5,15	60,73	13,77	3,09	19,52	—	0,74	2,78
Blüthenblätter . .	4,78	61,22	13,62	3,84	16,97	—	1,44	3,76

Je nach der Vegetationsperiode, in welcher die Pflanze, deren Asche untersucht wird, steht, sind die Resultate, wie nachfolgendes Beispiel zeigt (nach Bretschneider), gleichfalls verschieden:

Hafer.	Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphor-säure	Schwefels.	Kiesel-säure	Chlor
Ganze Pflanze (ohne Wurzel)										
„ 19. Juni (im 4. bis 5. Blatt) . .	8,57	28,96	6,40	5,66	5,34	1,22	7,95	5,57	36,28	3,39
„ 29. „ (Rispe hervor-tretend) . .	?	29,30	10,76	5,46	4,68	0,08	7,46	2,18	36,61	4,49
„ 8. Juli (volle Blüthe)	5,96	25,60	8,67	6,46	5,25	0,39	9,17	2,46	40,00	2,59
„ 28. „ (beginnende Reife) . .	5,33	25,90	4,16	5,19	4,98	0,31	9,61	1,99	45,57	2,95
„ 6. Aug. (völlige Reife)	5,40	19,14	5,28	5,43	5,02	0,39	10,13	3,89	49,17	2,00
Nackter Stengel										
„ 29. Juni	5,34	31,48	11,88	3,96	4,12	0,35	11,09	3,54	30,76	3,65
„ 8. Juli	4,76	29,68	9,43	4,57	5,07	0,50	11,23	2,06	34,68	3,59
„ 28. „	5,03	36,97	7,73	3,99	4,69	0,19	6,31	4,33	31,15	5,99
„ 6. Aug.	5,05	33,70	8,86	5,20	4,23	0,26	3,36	5,23	35,41	4,20
Blätter m. Blattscheide										
„ 29. Juni	11,11	20,82	9,26	8,29	4,69	0,40	5,07	4,15	46,40	1,20
„ 8. Juli	10,14	17,58	7,81	9,49	5,48	0,52	5,36	3,46	49,32	1,27
„ 28. „	12,21	10,09	3,12	8,70	4,80	0,30	3,16	2,03	67,18	0,80
„ 6. Aug.	11,37	7,71	2,76	9,69	4,63	0,39	2,28	2,67	69,49	0,49
Aehrchen mit Samen										
„ 28. Juli	4,29	15,89	0,50	4,29	5,41	0,18	16,87	1,54	54,60	0,59
„ 6. Aug.	4,42	11,54	2,04	4,08	6,79	0,40	20,50	2,42	51,91	0,42

Nicht ohne Einfluss auf die Menge und Beschaffenheit der anorganischen Bestandtheile ist der Gesundheitszustand der Pflanze. Freilich lassen sich aus den bisher vorliegenden vergleichenden Analysen kranker und gesunder Pflanzen noch keine weit tragenden Schlüsse ziehen, immerhin dürften einige Beispiele Interesse bieten.

	Reinasche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Weizen										
Körner gesund . . .	1,90	25,81	2,68	1,49	12,18	0,15	57,31	0.04	0,39	—
„ brandig . . .	2,80	26,69	7,19	3,83	11,65	0,05	50,00	0,31	0,26	—
Stroh gesund	5,28	15,49	3,14	3,50	—	0,34	4,09	0,94	72,46	0,04
„ brandig . . .	3,22	15,03	5,51	2,32	—	0,32	10,39	0,50	65,92	—
Erbsen (ganze Pflanze)										
gesund	6,77	23,36	10,56	19,41	16,15	0,30	4,91	20,73	—	5,92
pilzkrank	11,95	29,34	7,08	28,46	10,43	0,80	7,01	13,46	—	4,42
Rothklee (ganze Pflanze)										
gesund	7,65	31,35	0,79	32,80	14,82	0,92	8,66	2,64	0,92	9,19
befallen	8,32	17,81	1,20	38,39	20,34	1,56	9,27	3,85	1,80	7,34
Kartoffeln										
gesund	—	63,25	—	2,34	4,17	0,50	16,38	4,71	3,64	5,80
krank	—	62,96	—	1,51	2,99	1,05	16,71	5,89	4,72	5,38

Bei diesen bedeutenden Schwankungen, die am extremsten in den saftigen Blättern und fleischigen Wurzeln, weniger im Stroh und noch weniger in den Samen hervortreten, liegt wohl die Frage nahe: Welches ist die normale Aschenzusammensetzung einer Pflanze? Die Antwort darauf muss man leider noch schuldig bleiben.[1]) Thatsache ist, dass die Pflanzen Aschenbestandtheile in grösserer Menge enthalten können, als sie nothwendig haben. Da diese Luxusconsumtion zum Theil wohl mit von der Bodenbeschaffenheit bedingt wird, so hat man sogar die Analysen der Pflanzenaschen als besten Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Menge und Disponibilität der Bodensalze und als wesentliche Ergänzung der eigentlichen Bodenanalyse zu verwerthen in Vorschlag gebracht.

1) Einzelne werthvolle Anhaltspunkte liegen wohl schon für die einstige Beantwortung der Frage vor. So fand z. B. Petersen, dass der Hafer noch bei einer Gabe von 0,071 Grm. Phosphorsäure pr. Pflanze eine Maximalernte zu erzielen vermag. Der Gehalt der ganzen Pflanze an Phosphorsäure belief sich auf 0,3 %.

2. Die organischen Bestandtheile der Pflanzen.

Die Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bilden nach ihren verschiedenen Vereinigungsarten die unendliche Menge jener Stoffe, welche man als die verbrennlichen oder organischen Bestandtheile der Pflanzen bezeichnet.

Nicht alle organischen Stoffe enthalten aber diese vier Elemente, manche deren nur drei oder zwei; andere wieder enthalten neben den genannten vier Elementen noch geringe Mengen von Schwefel, wohl auch von Phosphor. Der Kohlenstoff ist in ihnen aber stets vertreten.

Die wichtigsten der organischen Bestandtheile der Pflanzen sind: Eiweissstoffe, Zellstoff, Stärkemehl, Gummi, Zucker, Pektinstoffe, Oele, Harze, Fette, Farbstoffe, Gerbstoffe, organische Basen und organische Säuren. Diese organischen Stoffe bezeichnet man als die näheren organischen Pflanzenbestandtheile. Die Anhäufung derselben in bestimmten Pflanzen bedingt die Cultur der letzteren. Sie kommen theilweise „organisirt" in den Pflanzen vor, d. h. sie zeigen eine besondere äussere, durch den Einfluss des Lebensprocesses bedingte Form, z. B. der Zellstoff, das Stärkemehl etc. Der Begriff organisch ist demnach von dem Begriff organisirt zu scheiden.

Die quantitativen Untersuchungen über die näheren Bestandtheile der Pflanzen lassen noch viel zu wünschen übrig und bieten noch ein weites Feld für Vereinfachung und Präcisirung der Methoden.

Wir müssen hier zunächst eines Pflanzenbestandtheils gedenken, den man weder zu den Aschenbestandtheilen noch zu den organischen Stoffen der Pflanzen rechnen kann und der doch die Hauptmasse einer jeden lebenden Pflanze bildet. Es ist dies das Wasser, das wir schon als Bestandtheil des Bodens und der Luft kennen gelernt haben. Wenn auch alle Pflanzen Wasser enthalten, so wird die Menge desselben bei manchen ausserordentlich gross, so bei den Schwämmen, deren einige bis 96 % Wasser besitzen. Alle unsere Culturpflanzen enthalten über die Hälfte ihrer Substanz an Wasser, am meisten die krautartigen Pflanzen. Wird irgend ein Pflanzentheil von der Mutterpflanze getrennt, oder hört das Leben in einer Pflanze auf, so verdunstet der grösste Theil des Wassers und der pflanzliche Körper nimmt sehr bedeutend an Volumen ab. Während z. B. das Kraut eines mit Kartoffeln bestellten Feldes die ganze Oberfläche desselben bedeckt, trocknet es abgeschnitten zu kaum erkennbarer Gestalt zusammen. Es ist in diesem Zustande „lufttrocken", enthält aber immer noch einige Procente Wasser, welches sich erst verliert, wenn man eine höhere

Temperatur als die der gewöhnlichen freien Luft zum Auftrocknen anwendet. Man nennt diese wasserfreie Pflanzensubstanz die „Trockensubstanz“. Es enthält z. B. frisches Heu 69 %, lufttrockenes 14 % Wasser, die Trockensubstanz des frischen Heus ist demnach 31 %.

Bisher umfassen die meisten quantitativen Bestimmungen der Trockensubstanz nur Gruppen der näheren Bestandtheile von Pflanzen. Man theilt zunächst die näheren Pflanzenbestandtheile in stickstoffhaltige und stickstofffreie. Die Gruppe der stickstoffhaltigen Bestandtheile bezeichnet man häufig als Proteïnstoffe und, wenn

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
I. Samen.				
Baumwolle	8,7	—	—	91,3
Bohnen (Sau-)	14,1	85,2	87,3	85,9
Buchweizen	13,2	85,3	87,0	86,8
„ tartarischer	10.62	—	—	89,38
„ schottischer	10,57	—	—	89,43
„ gewöhnlicher	9,57	—	—	90,43
Dinkel (mit Spelzen)	14,8	—	—	85,2
Erbsen	13,2	83,1	91,1	86,8
Erbsen, Platt-	14,0	—	—	86,0
Erdnuss	6,2	—	—	93,8
Eicheln (ungeschält, frisch)	55,5	44,0	45,4	44,5
„ („ halbtrocken)	63,2	36,0	37,7	36,8
„ („ trocken)	14,3	—	—	85,7
„ (geschält, trocken)	16,7	80,8	85,7	83,3
Gerste, Sommer-	14,3	80,9	89,2	85,7
„ Winter-	14,3	—	—	85,7
Hafer	13,7	83,6	90,5	86,3
Hanf	12,2	—	—	87,8
Hirse (geschält)	13,1	—	—	86,9
Kastanien (Echte)	49,2	—	—	50,8
„ (Ross-)	49,2	50,0	82,0	66,0
Lein	11,8	87,7	92,5	88,2
Leindotter	7,5	91,6	94,3	92,5
Linsen	13,4	—	—	86,6
Lupine, Gelbe	12,7	82,4	90,6	87,2
„ Blaue	15,0	78,0	87,1	85,0
Madia	7,4	91,6	93,7	92,6
Mais	12,7	85,6	91,8	87,3
Mohn	14,7	—	—	85,3
Roggen	14,3	81,7	88,2	85,7

man genauer sein will, als „Rohproteïn“. Man berechnet dessen Menge aus dem durch die Elementaranalyse gefundenen Stickstoff, indem man ungenauer Weise den Stickstoffgehalt der Proteïnstoffe in runder Summe mit 15,7 % annimmt.

Die stickstofffreien Pflanzenbestandtheile gruppirt man in die Unterabtheilungen: Fette (Rohfett), stickstofffreie Extractstoffe und Holzfaser (Rohfaser).

Nachstehende Tabelle bringt von einer Anzahl von Pflanzen die analytisch ermittelte Zusammensetzung mit Zugrundelegung eben erwähnter Gruppirung.

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
—	—	22,8	—	—	30,3	—	—	14,4	—	—	16,0
22,8	27,1	25,1	1,2	2,0	1,6	43,5	45,3	44,5	11,3	12,6	11,7
2,6	13,1	7,8	0,4	2,7	1,5	52,1	62,6	58,0	15,0	40,2	17,6
—	—	11,19	—	—	—	—	—	53,58	—	—	20,01
—	—	10,69	—	—	—	—	—	61,10	—	—	14.96
—	—	10,75	—	—	—	—	—	61,49	—	—	15,55
—	—	10,0	—	—	1,5	—	—	51	—	—	16,5
20,1	24,2	22,4	0,8	5,3	3,0	45,7	59,9	52,6	3,6	9,2	6,4
—	—	25,6	—	—	1,9	—	—	49,9	—	—	5,4
—	—	28,2	—	—	41,2	—	—	7,2	—	—	13,9
2,0	2,1	2,0	1,5	2,3	1,9	34,2	36,5	35,2	4,3	4,5	4,4
3,4	4,0	3,7	2,8	3,3	3,0	46,6	49,3	47,4	6,1	7,8	6,9
—	—	5,2	—	—	4,0	—	—	62,1	—	—	12,2
5,0	6,3	5,7	3,6	5,4	4,4	64,8	69,9	66,4	4,6	5,9	5,1
2,6	27,1	10,0	1,4	2,6	2,3	55,8	76,3	64,1	2,5	—	7,1
—	—	9,0	—	—	2,5	—	—	63,4	—	—	8,5
6,3	21,4	12,0	3,9	7,3	6,0	50,2	71,8	56,6	4,1	—	9,0
—	—	16,3	—	—	33,6	—	—	21	—	—	12,1
—	—	14,5	—	—	3,0	—	—	61,8	—	—	6,4
—	—	3,0	—	—	2,5	—	—	42,7	—	—	0,8
6,4	6,9	6,7	1,4	3,2	2,6	38,9	65,3	52,1	2,9	4,0	3,5
20,0	24,4	21,7	31,04	39,0	37,0	9,0	19,0	17,5	3,2	18,0	8,0
23,5	28,3	25,9	28,2	30,0	29,4	12,2	19,8	17,3	9,0	11,5	10,7
—	—	24,0	—	—	2,6	—	—	49,4	—	—	6,9
28,3	39,2	35,4	4,0	7,9	5,3	20,2	36,4	29,2	12,2	17,5	13,8
19,7	35,9	28,0	1,8	8,8	5,3	20,7	43,8	36,6	8,9	13,9	11,9
18,4	22,9	20,6	36,5	41,0	38,8	5,0	7,5	6,2	18,0	27,1	22,5
8,7	12,6	10,6	3,5	9,2	6,8	52,4	71,6	61.0	3,9	20,4	7,6
—	—	17,5	—	—	41,0	—	—	15,5	—	—	6,1
8,8	22,9	11,0	0,9	2,8	2,0	59,4	69,0	67,2	1,8	10,1	3,7

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Raps	11,8	88,0	92,9	88,2
Reis (geschält)	14,6	—	—	85,4
Serradella	10,0	86,95	92,64	90,0
Sesam	4,6	—	—	95,4
Sonnenblumen	8,0	89,3	93,8	92,0
Sorgho	13	86,0	88,0	87
Spörgel, Riesen-	8,7	—	—	91,3
Trespe	13,27	—	—	86,73
Weizen	14,3	81,3	89,2	85,7
Wicken	13,6	84,2	91,0	86,4
„ weisse	13,68	—	—	86,32
„ graue	14,36	—	—	85,64
„ gewöhnliche	12,93	—	—	87,07
II. Wurzel und Knollen.				
Batate	83,0	—	—	17,0
Kartoffel	75	20,1	29,3	25,0
Kohlrabi-Knollen	86,7	—	—	13,3
Kohlrübe	87,6	9,6	15,3	12,4
Kürbis	94,5	—	—	5,5
Möhre	85,9	10,1	20,8	14,1
Möhre, Riesen-	87,0	—	—	13,0
Pastinake	88,3	—	—	11,7
Rübe, Futterrunkel-	88,0	7,7	24,6	12,0
„ Körbel-	66,0	31,6	36,4	34,0
„ Weiss-	91,5	7,1	13,9	8,5
„ Zucker-	81,5	10,2	21,8	18,5
Topinambour	80,0	16,5	20,9	20,0
Turnips	92,0	—	—	8,0
III. Kraut und Blätter der Wurzelgewächse.				
Kartoffelkraut (abgewelkt)	11,1	4,6	15,0	88,9
Kartoffelblätter, allein	15,0	—	—	85,0
Kartoffelstengel, allein	15,0	—	—	85,0
Kohl-Futter	89,1	5,5	14,5	10,9
Kohlrabi	85,7	13,3	15,0	14,3
Kraut, Weiss-	88,5	—	—	11,5
Krautstrunk	82,0	—	—	18,0
Rüben, Futterrunkel-	90,7	8,0	10,0	9,3
„ Zucker-	89,0	—	—	11
„ „ (eingesäuert)	60,4	—	—	39,6
„ Moor-	80,7	17,8	23,5	19,3

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
17,4	27,4	19,4	36,8	55,0	45,0	7,4	12,4	9,9	5,3	11,0	10,0
—	—	7,5	—	—	0,5	—	—	76,0	—	—	0,9
18,44	25,38	22,3	5,00	7,86	6,0	31,09	40,28	37,2	16,11	29,37	21,0
—	—	18,9	—	49,31	37,0	—	—	19,1	—	—	11,7
12,7	13,3	13,0	21,0	34,7	23,6	—	—	23,9	—	—	28,5
7,2	11,0	9,1	2,4	3,8	3,1	63,0	73,0	68	3,2	3,5	3,4
—	—	18,0	—	—	11,5	—	—	53,7	—	—	5,7
8,78	9,0	8,90	1,41	2,83	2,10	60,89	65,83	62,5	4,5	4,9	4,7
8,7	24,1	13,2	1,0	2,7	1,6	60,2	74,5	66,2	0,7	8,3	3,0
26,5	28,6	27,5	1,2	2,7	1,9	46,5	51,8	49,1	3,5	6,7	5,6
—	—	27,81	—	—	—	—	—	48,03	—	—	6,87
—	—	29,06	—	—	—	—	—	46,72	—	—	6,22
—	—	27,50	—	—	—	—	—	47,80	—	—	7,17
—	—	1,1	—	—	0,3	—	—	13,8	—	—	0,7
1,0	4,4	2,0	0,04	0,8	0,3	16,3	26,1	20,7	0,31	2,7	1,1
—	—	2,7	—	—	—	—	—	8,6	—	—	0,8
0,7	1,7	1,2	—	—	0,1	8,8	9,2	9,0	—	—	1,1
—	—	1,3	—	—	0,1	—	—	2,1	—	—	1,0
0,5	2,4	1,3	0,2	0,8	0,25	5,9	15,5	9,6	0,7	3,4	1,4
—	—	1,2	—	—	0,2	—	—	9,6	—	—	1,2
—	—	1,6	—	—	0,2	—	—	8,2	—	—	1,0
0,6	2,6	1,1	0,08	0,6	0,1	3,9	13,4	9,0	0,7	4,5	1,0
2,6	4,6	3,6	0,2	0,4	0,3	24,7	30,4	27,6	0,5	1,5	1,0
0,8	1,8	1,0	0,1	0,2	0,15	3,7	10,9	5,8	0,3	1,0	0,7
0,6	2,8	1,0	—	0,3	0,11	10,1	17,9	15,3	1,0	3,4	1,3
1,8	2,2	2,0	—	—	0,5	14,0	15,9	14,9	1,3	2,7	1,6
—	—	1,1	—	—	0,1	—	—	5,0	—	—	1,0
5,7	12,9	9,4	1,2	3,6	2,4	33,0	38,6	35,4	22,7	36,6	31,1
—	—	18,1	—	—	—	—	—	40,6	—	—	12,8
—	—	7,8	—	—	—	—	—	36,5	—	—	32,5
0,9	2,8	1,7	—	—	0,4	4,3	9,9	6,0	0,5	2,7	1,6
2,4	2,8	2,6	—	—	0,8	8,3	9,0	8,4	0,8	1,4	1,1
—	—	1,5	—	—	0,4	—	—	5,9	—	—	2,0
—	—	1,1	—	—	0,8	—	—	12,1	—	—	2,8
1,4	2,8	2,0	0,3	0,5	0,4	2,9	5,1	4,1	0,9	2,4	1,5
—	—	2,2	—	—	0,1	—	—	4,6	—	—	1,9
—	—	4,9	—	—	1,5	—	—	16,8	—	—	12,8
3,2	3,8	3,5	0,6	1,0	0,8	7,0	12,9	9,2	3,0	3,4	3,2

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Topinambourstengel, Kraut	16,0	—	—	84,0
„ „	80,0	—	—	20,0
„ „ (abgewelkt)	16,0	—	—	84,0
IV. Stroh von				
Bohnen, Sau-	18,0	78,0	85,5	82,0
Dinkel, Winter-	14,3	—	—	85,7
Erbsen	14,3	82,6	88,1	85,7
Gerste	14,3	82,5	89,1	85,7
Gerstenstroh mit Klee durchwachsen	14,0	84,4	90,3	86,0
Hafer	14,3	78,8	89,7	85,7
Hopfenranken	10,6	—	—	89,4
Kleestroh von Samenklee	15,0	—	—	85,0
Lupine	14,2	—	—	85,8
Mais	14,0	—	—	86,0
Raps	18,0	78,5	87,8	82,0
Roggen, Winter-	14,3	81,4	89,7	85,7
Weizen, Winter-	14,3	74,0	91,9	85,7
Wicken	14,3	83,3	87,5	85,7
V. Spreu und Schoten.				
Bohnen, Sau-	15,3	82,0	85,0	84,7
Dinkel	14,3	—	—	85,7
Erbsen	14,3	—	—	85,7
Gerste (Grannen)	14,3	—	—	85,7
Hafer	14,3	—	—	85,7
Lupinen	14,3	—	—	85,7
Maiskolben (entkörnte)	14,0	—	—	86,0
Roggen	14,3	—	—	85,7
Raps	12,2	82,0	93,5	87,8
Weissklee	11,14	—	—	88,59
Weizen	14,3	86,0	91,5	88,7
Wicken, Futter-	14,3	84,9	87,5	85,7
VI. Grün-Futter.				
Ackerspörgel	80,9	10,2	24,6	19,1
Bohnen, Sau- (Anfang der Blüthe)	87,3	—	—	12,7
Buchweizen	85,0	12,5	17,5	15,0
Distel	86,7	—	—	13,3
Erbsen	81,5	13,3	23,9	18,5
Esparsette	78,5	20,0	23,4	21,5
Futter-Distel	86,7	—	—	13,3

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
—	—	7,61	—	—	1,9	—	—	36,7	—	—	22,1
—	—	3,3	—	—	0,8	—	—	9,8	—	—	3,4
—	—	4,23	—	—	0,6	—	—	52,7	—	—	24,4
3,3	16,4	9,9	0,7	2,2	1,0	16,9	33,8	29,7	25,8	41,7	35,6
—	—	2,0	—	—	1,5	—	—	28,7	—	—	48,0
4,8	10,1	7,3	1,5	3,3	2,0	22,8	39,8	32,3	33,6	51,8	39,2
1,9	5,4	3,0	1,1	1,5	1,4	18,2	45,5	31,3	34,4	54,0	45,6
6,0	9,1	6,5	1,7	2,3	2,0	28,3	34,7	32,5	37,0	39,7	38,0
1,3	6,1	2,5	0,8	5,1	2,0	24,9	48,9	35,6	30,0	50,2	41,2
—	—	5,5	—	—	4,8			67,2			
—	—	9,0	—	—	2,0	—	—	20,0	—	—	48,0
—	—	4,9	—	—	1,5	—	—	—	—	—	—
—	—	3,0	—	—	1,1	—	—	37,9	—	—	40,0
2,7	4,6	3,0	1,0	5,7	1,5	31,3	34,0	32,2	37,5	40,9	40,0
1,5	4,1	2,0	1,3	2,5	1,4	25,6	44,5	35,0	30,1	54,9	42,0
1,4	5,6	2,0	0,6	2,0	1,5	26,7	42,6	35,0	28,9	52,6	49,2
6,2	7,5	7,0	—	—	2,0	18,3	37,9	26,7	30,8	53,1	44,0
10,5	10,7	10,6	1,0	2,0	1,5	27,5	29,5	28,5	35,1	37,0	36,1
—	—	2,9	—	—	1,3	—	—	31,5	—	—	41,5
—	—	8,1	1,0	2,0	1,5	30,0	36,6	33,3	22,7	39,5	36,8
—	—	3,0	—	—	1,5	—	—	37,2	—	—	30,0
—	—	4,0	—	—	1,5	—	—	82,2	—	—	34,0
—	—	2,7	—	—	2,5	—	—	44,7	—	—	33,0
—	—	1,4	—	—	1,4	—	—	42,6	—	—	37,8
3,5	3,7	3,6	1,2	1,8	1,4	28,0	31,5	29,7	41,5	46,6	43,5
3,3	4,9	4,0	1,6	3,1	1,8	37,1	48,7	40,6	33,0	43,6	35,4
—	—	18,35	—	—	3,09	—	—	36,83	—	—	22,42
3,3	7,4	4,5	1,4	1,8	1,5	31,2	53,9	42,1	20,3	39,7	30,7
7,2	15,7	8,5	1,0	2,0	1,5	20,5	42,3	31,4	—	49,6	36,3
0,9	4,3	2,3	0,5	0,8	0,65	4,3	10,4	8,2	3,8	8,6	5,6
—	—	2,8	—	—	0,3	—	—	5,1	—	—	3,5
1,5	3,2	2,4	0,5	0,8	0,6	5,1	7,4	6,3	4,2	4,4	4,3
—	—	2,9	—	—	0,95	—	—	6,1	—	—	1,4
3,2	3,9	3,5	—	—	0,6	4,6	10,5	7,6	3,0	7,7	5,4
3,2	4,3	3,5	0,6	0,9	0,7	8,2	10,8	8,5	5,8	12,9	7,6
—	—	2,9	—	—	0,95	—	—	6,1	—	—	1,4

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Futter-Ginster	51,5	—	—	48,5
„ Hafer	81,8	14,5	23,0	18,2
„ Roggen	76,0	20,4	33,5	24,0
„ Wicken	82,0	15,7	19,4	18,0
Grünmais	82,2	14,3	23,2	17,8
Grünraps	86,0	13,0	15,0	14,0
Haidekraut, ganze Pflanze excl. Wurzel	45,0	—	—	55,0
„ grüne Spitzen	46,6	—	—	53,4
Hopfenranken (frisch)	53,0	—	—	47,0
Klee, Bastard-	82,0	13,0	23,3	18,0
„ Bokhara-	87,5	—	—	12,5
„ Hopfen-	79,0	20,2	23,3	21,0
„ Inkarnat-	82.0	17,4	18,5	18,0
„ Roth-	79,3	14,7	28,7	20,7
„ Weiss-	80,2	16,4	20,3	19,8
„ Wund- (kurz vor der Blüthe)	83,0	—	—	17,0
Krappblätter, grüne	83,80	—	—	16,20
Lupine	86,9	10,6	16,1	13,1
Luzerne	75,3	16,5	30,1	24,7
Mohar (blühend)	68,0	19,0	37,1	32,0
Raygras, englisches*	—	—	—	—
„ italienisches	73,4	24,9	28,3	26,6
Senf, weisser	87,4	—	—	12,6
Serradella	82,0	14,2	20,0	18,0
Süssgräser, div. (blühend)	70,8	22,0	40,5	29,2
Timotheegras	68,1	—	—	31,9
Wiesengras	71,9	12,4	48,1	28,1
Zuckermoorhirse	76,2	15,9	26,0	23,8
VII. Heu.				
Baumlaub	10,1	85,7	95,0	89,9
Cichorienblätter, Braunheu von	31,3	58,8	85,0	68,7
Grummet	15,0	79,8	88,2	85,0
Klee (Braunheu)	16,2	—	—	83,8
Heu von Bastardklee	16,7	—	—	83,3
„ „ Bokharaklee	12,0	—	—	88,0
„ „ Esparsette	16,4	83,3	84,0	83,6
„ „ Futter-Roggen	9,5	—	—	90,5
„ „ gelben Lupinen	15,0	—	—	85,0
„ „ Hopfenklee	16,4	83,3	84,0	83,6
„ „ Inkarnatklee	16,7	—	—	83,3

Die mit * bezeichneten Reihen gelten für 100 Theile Trockensubstanz.

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
—	—	4,5	—	—	2,0	—	—	8,8	—	—	29,0
1,8	3,1	2,4	0,5	0,6	0,55	5,1	8,8	7,0	4,6	7,0	6.5
3,1	3,6	3,3	0,6	0,9	0,75	6,7	14,0	10,4	7,3	8,6	7,9
2,7	4,7	3,7	—	—	0,6	4,5	7,3	6,1	3,9	8,3	6.0
0,9	2,0	1,5	0,4	0,7	0,55	6,4	15,3	10,3	3,0	5,9	4,7
2,7	3,1	2,9	—	—	0,6	—	—	4,5	—	—	4,9
—	—	3,4	—	—	7,8	—	—	22.6	—	—	18,6
—	—	4,2	—	—	9,1	—	—	23,4	—	—	14,7
—	—	2,9	—	—	2,5			35,3			
2,4	5,7	3,3	0,6	0,7	0,65	5,5	8,4	6,5	3,6	16,4	6,5
—	—	2,9	—	—	0,4	—	—	3,5	—	—	3,6
3,2	5,7	3,5	0,8	0,9	0,85	8,0	10,0	8,2	6,0	7,6	6,9
2,7	3,0	2,8	0,6	0,9	0,7	6,1	7,4	6,7	3,8	7,5	6.2
2,2	6,2	3,7	0,7	0,8	0,75	4,2	15.1	8,3	3,7	11,0	6,5
3,5	4,5	4,0	0,8	0,9	0,85	7,2	9,8	8,0	5,2	6,0	5,6
—	—	2,8	—	—	0,42	—	—	7,2	—	—	5,3
—	—	2.27	—	—	2,05	—	—	4,60	—	—	3,31
2,4	3,4	2,8	0,2	0,4	0,3	4,0	7,3	6,2	1,4	4,9	2,8
2,8	7,2	4,5	0,5	0,9	0,7	6,0	14,4	8,4	3,5	13,4	9,3
4,9	5,9	5,4	—	—	1,5	—	—	13,5	4,6	11,6	9,2
7,8	27,9	17,9	2,9	6,2	3,6	36,5	48,3	42,4	17,7	32,5	25,6
2,6	4,6	3,6	—	—	1,00	11,3	12,9	12,1	4,8	9,4	7,1
—	—	3,3	—	—	—	—	—	3,5	—	—	3,8
2,5	3,6	3,1	—	—	0,4	5,1	7,0	6,6	5,0	8,1	6,6
1,9	4,0	2,6	0,3	1,1	0,70	8,4	15,4	11,7	7,0	16,3	12,1
—	—	2,0	—	—	0,40	—	—	13,6	—	—	13,9
1,6	6,0	3,1	0,3	1,5	0,8	3,5	22,8	12,1	3,12	17,0	10,0
1,7	3,1	2,5	1,4	1,5	1,45	10,9	19,2	12,2	5,4	18,5	6,8
6,0	15,1	10,6	—	—	4,2	43,8	68,2	55,4	11,3	16,3	14.5
9,2	13,0	11,1	2,3	3,3	2,8	25,2	36.6	30,9	18,2	11,8	10,0
8,4	18,4	9,5	2,3	6,8	3,1	33,3	49,7	42,3	19,0	30,7	23.5
—	—	16.2	—	—	1,6	—	—	35,4	—	—	22,2
—	—	15.3	—	—	3,3	—	—	25,9	—	—	30,5
—	—	14,0	—	—	—	—	—	31,5	—	—	37,0
12,8	17,1	13,3	—	—	2,5	34,2	34,7	34,5	—	—	27,1
—	—	9,8	—	—	2,9	—	—	30,1	—	—	40,3
6,0	18,7	11,8	—	—	2,9	28,1	31,2	28,5	25,9	48,3	35,5
14,0	14,6	14,3	3,2	3,3	3,25	30,8	33,2	32,0	26,2	28,0	27,1
—	—	12,2	—	—	3,0	—	—	27,1	—	—	33,8

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Heu von Luzerne	16,4	83,3	87,5	83,6
„ „ sumpfigem Moorboden	13,0	85,4	88,7	87,0
„ „ Mohar	13,4	83,7	90,1	86,6
„ „ Rothklee	16,0	78,4	87,1	84,0
„ „ Serradella	16,0	83,3	84,7	84,0
„ „ Spörgel	14,6	83,3	87,5	85,4
„ „ Süssgräsern	14,3	—	—	85,7
„ „ Weissklee	16,7	78,5	84,6	83,3
„ „ Wickhafer	16,7	—	—	83,3
„ „ Wundklee	16,7	—	—	83,3
Rennthierflechte	9,5	—	—	90,5
Waldgras*	—	—	—	—
Wiesenheu	14,3	80,3	90,2	85,7
VIII. Obst und Beeren.				
Aepfel	83,0	—	—	17,0
Aprikosen	83,5	—	—	16,5
Birne (rothe süsse)	83,5	—	—	16,5
Birne, Blut-	83,8	—	—	16,2
Birne, Kaiser-	81,4	—	—	18,6
Brombeeren	86,4	—	—	13,6
Erdbeeren	87,2	—	—	12,8
Heidelbeeren	77,5	—	—	22,5
Himbeeren	86,2	—	—	13,8
Johannisbeeren	84,8	—	—	15,2
Kirschen (süss)	79,2	—	—	20,8
Kirschen (sauer)	80,5	—	—	19,5
Maulbeeren (schwarze)	84,7	—	—	15,3
Mirabellen	82,2	—	—	17,8
Pfirsiche	80,7	—	—	19,3
Pflaumen	87,0	—	—	13,0
Reineclauden	80,3	—	—	19,7
Stachelbeeren	86,0	—	—	14,0
Trauben	78,9	—	—	21,1
Zwetschken	81,6	—	—	18,4
IX. Gemüsepflanzen (im frischen Zustande)				
A. Sprossen.				
Sprossen von Spargel	92,040	—	—	7,960
B. Gemüse (Kohlarten).				
Blumenkohl	90,800	—	—	9,200
Butterkohl (ganze Pflanze)	86,960	—	—	13,040

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
13,1	19,7	14,4	2,3	3,8	2,8	20,0	34,8	25,7	19.3	40.0	34,7
6,8	8,4	7,6	4,4	4,9	4,6	26,6	44,9	35,7	24.0	41,5	32,8
7,0	14.6	10,8	2,0	2,4	2,2	33,3	41,2	38,5	26.8	34,5	29,4
7,6	18,3	13,4	1,4	3,5	3,2	15,2	48,1	28,5	18.8	48,1	33,3
14,6	15,4	14,9	1,5	1,9	1,7	27,7	35,5	31,6	26,1	33.9	30.0
7,8	12,0	10,4	2,4	3,2	2,8	26,0	44,2	36,6	20,2	35.1	27,8
5,2	14,8	9,5	1,2	3,2	2,6	32,6	48,6	39,1	16,9	33.6	28,7
7,7	16,8	14,9	1,4	3,7	3,5	30,8	41,3	33,9	22,6	25,6	25.0
—	—	12,6	—	—	2,3	—	—	33.2	—	—	28,0
—	—	13,8	—	—	2,5	—	—	35,0	—	—	25,5
—	—	2,6	—	—	1,4	—	—	72,1	—	—	13,4
8,2	10,5	9,5	2,1	2,8	2,4	41,4	44,4	43,0	—	—	—
7,2	17,1	8,5	1,4	5,6	3,0	22,6	48,2	38,3	24,0	39,9	29,3
—	—	0,39	—	—	—	—	—	13,3	—	—	2,9
—	—	0,54	—	—	—	—	—	9,8	—	—	5,4
—	—	0,25	—	—	—	—	—	11,4	—	—	4,6
—	—	0,48	—	—	—	—	—	10,2	—	—	5,1
—	—	0,37	—	—	—	—	—	13,0	—	—	4,7
—	—	0,51	—	—	—	—	—	7,0	—	—	5,6
—	—	0,51	—	—	—	—	—	7,1	—	—	5,0
—	—	0,79	—	—	—	—	—	7,6	—	—	13,1
—	—	0,58	—	—	—	—	—	6,9	—	—	5,6
—	—	0,55	—	—	—	—	—	8,3	—	—	5,4
—	—	0,95	—	—	—	—	—	13,1	—	—	6,1
—	—	0,82	—	—	—	—	—	11,8	—	—	6,2
—	—	0,31	—	—	—	—	—	13,0	—	—	1,2
—	—	0,19	—	—	—	—	—	9.9	—	—	7,0
—	—	0,46	—	—	—	—	—	10,2	—	—	7,4
—	—	0,45	—	—	—	—	—	7,5	—	—	4,5
—	—	0,43	—	—	—	—	—	14,8	—	—	4.0
—	—	0,41	—	—	—	—	—	9,5	—	—	3.4
—	—	0,72	—	—	—	—	—	15,8	—	—	4.5
—	—	0,80	—	—	—	—	—	10,0	—	—	5,6
—	—	2,265	—	—	0,314	—	—	3.272	—	—	1,539
—	—	2,829	—	—	0,208	—	—	4.505	—	—	0,935
—	—	3,010	—	—	0,540	—	—	7,190	—	—	1,200

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
Krauser Grünkohl (ganze Pflanze)	80,670	—	—	19,330
Rosenkohl „ „	85,000	—	—	15,000
Savoyer-Kohl „ „	86,480	—	—	13,520
Rothkraut „ „	90,064	—	—	9,936
Spitzkohl „ „	92,896	—	—	7,104
Weiss-Kraut „ „	91,661	7,491	9,186	8,339
Spinat	93,38	—	—	6,62
C. Suppenkräuter.				
Petersilie	85,05	—	—	14,95
Sellerie: Blätter	81,57	—	—	18,43
Sellerie: Stengel	89,57	—	—	10,43
Sellerie: Knollen	84,09	—	—	15,91
Sellerie: ganze Pflanze	84,57	—	—	15,43
Gemeiner Lauch (ganze Pflanze)	90,03	—	—	9,97
Gartenampfer	92,18	—	—	7,82
D. Salatkräuter.				
Krause Winter-Endivie	94,38	—	—	5,62
Gelbe Winter-Endivie	93,88	—	—	6,12
Rapunzel	93,41	—	—	6,59
Gartenlattich: Blattparenchym	93,94	—	—	6,06
Gartenlattich: Rippen	94,56	—	—	5,44
Gartenlattich: ganze Pflanze	94,14	—	—	5,86
E. Wurzeln und Knollen.				
Gemeine Möhre	86,965	11,930	14,140	13,035
Rothe Rübe	87,070	—	—	12,930
Schwarzer Sommer-Rettig	88,130	—	—	11,870
Weisser Sommer-Rettig	85,080	—	—	14,920
Radieschen-Wurzel	93,890	5,690	6,530	6,110
Gemeiner Meerrettig	73,850	—	—	26,150
Schwarzwurz	80,390	—	—	19,610
Kohlrübe	89,390	—	—	10,610
Stoppelrübe	91,010	—	—	8,990
Teltower Rübe	81,570	—	—	18,430
Weisser Kohlrabi (Knollen)	90,430	—	—	9,570
Roth-Kohlrabi (Knollen)	85,970	—	—	14,030
Batate	69,550	28,230	32,670	30,450
F. Zwiebeln.				
Perlzwiebel	70,180	—	—	29,820
Blassrothe Zwiebel	86,660	—	—	13,340
Knoblauch	64,660	—	—	35,340

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
—	—	2,882	—	—	0,762	—	—	12,460	—	—	1,818
—	—	5,543	—	—	0,543	—	—	6,126	—	—	1,493
—	—	3,510	—	—	0,726	—	—	6,590	—	—	1,384
—	—	1,826	—	—	0,190	—	—	5,864	—	—	1,287
—	—	1,773	—	—	0,235	—	—	3,485	—	—	1,013
1,204	1,534	1,369	0,128	0,136	0,132	4,547	5,586	5,066	1,052	1,266	1,159
—	—	2,189	—	—	0,292	—	—	2,436	—	—	0,551
—	—	3,657	—	—	0,723	—	—	7,439	—	—	1,449
—	—	4,639	—	—	9,794	—	—	9,128	—	—	1,414
—	—	0,884	—	—	0,336	—	—	6,527	—	—	1,239
—	—	1,480	—	—	0,398	—	—	11,789	—	—	1,400
—	—	2,002	—	—	0,465	—	—	10,323	—	—	1,374
—	—	2,186	—	—	0,351	—	—	5,319	—	—	1,152
—	—	2,424	—	—	0,479	—	—	3,437	—	—	0,659
—	—	2,179	—	—	0,125	—	—	1,881	—	—	0,610
—	—	1,347	—	—	0,125	—	—	3,277	—	—	0,632
—	—	2,093	—	—	0,405	—	—	2,730	—	—	0,574
—	—	1,924	—	—	0,375	—	—	2,093	—	—	0,879
—	—	1,295	—	—	0,201	—	—	2,137	—	—	0,877
—	—	1,721	—	—	0,319	—	—	1,969	—	—	0,878
0,898	1,476	1,187	0,128	0,260	0,194	8,365	11,050	9,708	0,932	1,102	1,017
—	—	1,367	—	—	0,033	—	—	9,559	—	—	1,054
—	—	1,688	—	—	0,075	—	—	7,756	—	—	1,316
—	—	2,524	—	—	0,118	—	—	9,532	—	—	1,527
1,153	1,449	1,301	0,097	0,105	0,101	3,102	3,317	3,209	0,649	0,730	0,689
—	—	3,347	—	—	0,313	—	—	18,296	—	—	2,548
—	—	1,043	—	—	0,502	—	—	15,200	—	—	2,273
—	—	1,548	—	—	0,079	—	—	6,791	—	—	1,235
—	—	1,242	—	—	0,045	—	—	6,079	—	—	0,977
—	—	3,573	—	—	0,112	—	—	11,758	—	—	1,815
—	—	2,658	—	—	0,119	—	—	4,411	—	—	1,289
—	—	2,740	—	—	0,163	—	—	8,823	—	—	1,402
0,708	1,512	1,110	0,441	0,538	0,489	24,846	28,109	26,477	1,115	1,428	1,271
—	—	2,684	—	—	0,099	—	—	25,692	—	—	0,805
—	—	1,533	—	—	0,096	—	—	10,600	—	—	0,587
—	—	6,761	—	—	0,057	—	—	26,309	—	—	0,771

Bezeichnung der Stoffe.	Wasser (wahrscheinl. Mittel)	Trockensubstanz (org. u. anorg.) im Ganzen		
		Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
G. Früchte, Samen und Samenschalen.				
Salatgurke	94,805	4,560	5,830	5,195
Melone	95,210	—	—	4,790
Gelber Speisekürbis	88,550	—	—	11,450
Grüner Einmachkürbis	86,640	—	—	13,360
Paradiesapfel	92,870	—	—	7,130
Schnittbohnen von Phaseolus vulgaris albus	87,950	7,600	16,500	12,050
„ „ Phas. vulgaris ooleucus	81,190	—	—	18,810
Gelbhülsige Stangenbohnen	89,420	—	—	10,580
Saubohne	89,650	—	—	10,350
Grüne Gartenerbse	79,200	—	—	20,800
H. Blattgewürze.				
Schnittlauch	80,830	—	—	19,170
Esdragon	79,010	—	—	20,990
Bohnenkraut	71,880	—	—	28,120
Bibernell	75,360	—	—	24,640
I. Essbare Schwämme.				
Pilze, essbare	18,00	81,0	83,1	82,0
Steinpilz	15,42	—	—	84,58
Eierschwämme	16,48	—	—	83,52
Hahnenkamm	21,43	—	—	78,57
Champignon	91,670	7,160	9,500	8,330
Morchel	90,000	—	—	10,000
Trüffel	70,830	—	—	29,170
Fistulina hepatica	85,00	—	—	15,00
Clavaria Botrytis	89,35	—	—	10,65
Polyporus ovinus	91,00	—	—	9,00
Boletus granulatus	88,50	—	—	11,50
Agaricus melleus	86,00	—	—	14,00
Boletus bovinus	91,34	—	—	8,66
Agaricus mutabilis	92,88	—	—	7,12
Boletus elegans	91,10	—	—	8,90
Agaricus caperatus	90,67	—	—	9,33
Boletus luteus	92,25	—	—	7,75
Agaricus ulmarius	84,67	—	—	15,33
Agaricus Procerus	84,00	—	—	16,00
Agaricus oreades	91,75	—	—	8,25
Agaricus Prunulus	89,25	—	—	10,75
Agaricus excoriatus	91,25	—	—	8,75
Lycoperdon Bovista	86,92	—	—	13,08

Einzelne organische Bestandtheile der Trockensubstanz.

Proteïnstoffe.			Fettsubstanz.			Stickstofffreie Extractstoffe.			Rohfaser.		
Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel	Minim.	Maxim.	Wahrsch. Mittel
0,932	1,535	1,233	0,026	0,060	0.043	2,655	3,063	2,859	0,502	0,690	0,596
—	—	1,058	—	—	0,605	—	—	1,427	—	—	1,067
—	—	1,359	—	—	0,081	—	—	7,973	—	—	1,498
—	—	1,241	—	—	0,106	—	—	9,560	—	—	1,896
—	—	1,254	—	—	0,331	—	—	4,069	—	—	0,843
1,728	4,288	3,008	0,171	0,188	0,179	4,624	9,692	7,158	0,882	1,571	1,227
—	—	4,349	—	—	0,175	—	—	10,950	—	—	1,661
—	—	2,243	—	—	0,092	—	—	6,605	—	—	1,130
—	—	3,248	—	—	0.214	—	—	5,158	—	—	1,260
—	—	5,647	—	—	0,443	—	—	12,313	—	—	1,797
—	—	5,135	—	—	0,780	—	—	8,468	—	—	2,387
—	—	5,556	—	—	1,160	—	—	9,460	—	—	2,262
—	—	4,156	—	—	1,650	—	—	11.605	—	—	8.601
—	—	5,645	—	—	1,232	—	—	13,024	—	—	3,023
17,0	29,6	24,2	1,2	1,9	1,6	—	—	15,5	—	—	6,1
—	—	19,30	—	—	1,67	—	—	52.59	—	—	—
—	—	19,56	—	—	1,15	—	—	48,03	—	—	—
—	—	19,19	—	—	1,67	—	—	44.02	—	—	—
3,398	6,060	4,729	0,071	0,250	0,160	2,387	4,400	3,393	0,540	3,200	1,870
—	—	3,140	—	—	0,253	—	—	4.761	—	—	0,120
8,010	9,590	8,800	0,456	0,720	0,588	12,211	17,460	14,835	—	—	6,739
—	—	1,59	—	—	0,12	—	—	11,40	—	—	1,95
—	—	1,31	—	—	0,29	—	—	7.66	—	—	0,73
—	—	1,20	—	—	0,86	—	—	4,73	—	—	2.00
—	—	1,61	—	—	0,23	—	—	7,49	—	—	0.82
—	—	2,27	—	—	0,73	—	—	9,14	—	—	0,81
—	—	1,49	—	—	0.41	—	—	5,52	—	—	0,72
—	—	1,40	—	—	0.17	—	—	4,47	—	—	0,62
—	—	1.88	—	—	0,14	—	—	5.75	—	—	0,60
—	—	1,91	—	—	0,19	—	—	5,52	—	—	1,15
—	—	1,72	—	—	0.29	—	—	4.45	—	—	0.80
—	—	4,02	—	—	0.49	—	—	7,93	—	—	0,95
—	—	4.65	—	—	0,57	—	—	8,55	—	—	1,11
—	—	2,93	—	—	0,19	—	—	3.59	—	—	0,67
—	—	4.11	—	—	0,14	—	—	4,08	—	—	0,81
—	—	2,69	—	—	0,45	—	—	4,41	—	—	0.82
—	—	6,62	—	—	0,41	—	—	3,42	—	—	1,43

A. Die stickstofffreien organischen Bestandtheile der Pflanzen.

Zu den stickstofffreien organischen Stoffen, welche zumeist aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, gehören die Kohlehydrate, die Fette, verschiedene andere sauerstoffarme organische Substanzen, Farbstoffe, Bitterstoffe, Glucoside, Pektinkörper und Pflanzensäuren.

a. Die Kohlehydrate.

Unter Kohlehydraten versteht man jene stickstofffreien organischen Stoffe, in welchen die Sauerstoff- und Wasserstoff-Atome in solcher Anzahl vorhanden sind, dass, wenn sie sich vereinigen würden, sie genau Wasser bilden könnten. Ihrer rationellen Constitution nach sind die Kohlehydrate wahrscheinlich Alkohole, Aether oder Aldehyde. Sie reagiren neutral, wenn auch einige von ihnen die Fähigkeit besitzen mit stärkeren Basen eine Verbindung einzugehen; sie sind nicht flüchtig, erhitzt verkohlen und verbrennen sie und liefern bei der trockenen Destillation saure Producte. Die meisten dienen den Pflanzen als Reservestoffe zum Aufbau neuer Organtheile, andere wieder sind Ausscheidungsstoffe.

In der Regel theilt man die Kohlehydrate nach ihrer Zusammensetzung in drei Gruppen:

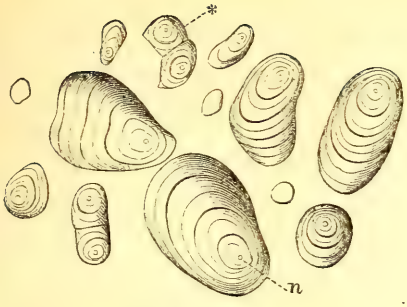
α. Kohlehydrate von der Formel $C_6 H_{10} O_5$. Hierher gehören das Stärkemehl, die Cellulose, das Lichenin, Inulin, Dextringummi und arabische Gummi.

β. Kohlehydrate von der Formel $C_6 H_{12} O_6$. Hierher gehören der Traubenzucker, Fruchtzucker (Glykosen) und der Sorbit.

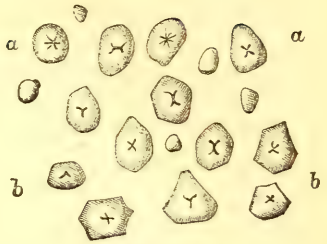
γ. Kohlehydrate von der Formel $C_{12} H_{22} O_{11}$. Hierher gehören der Rohrzucker, die Melizitose und Melitose.

Das Stärkemehl wurde lange Zeit für einen organisirten Bestandtheil der Pflanzen angesehen; seit es aber gelungen ist, aus unorganischen Stoffen Gebilde von ganz analoger Structur wie die Stärkekörner herzustellen, darf man das Stärkekorn nicht mehr mit einer lebenden Zelle identificiren. Je nach den Pflanzen, von denen das Stärkemehl stammt, ist es in Form, Grösse und Gestalt verschieden. Nachstehende Abbildungen erläutern diese Verschiedenheit.

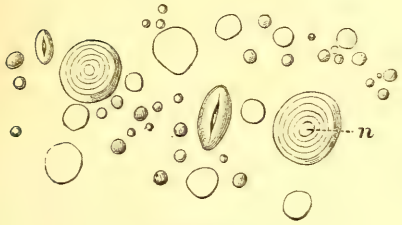
So viel auch über die Beschaffenheit und Zusammensetzung des Stärkemehls geschrieben wurde, volle Klarheit ist noch nicht erreicht. Im Allgemeinen kann man drei Bestandtheile annehmen: Die Hüllen oder Tegumente, das lösliche Stärkemehl (Amidulin,



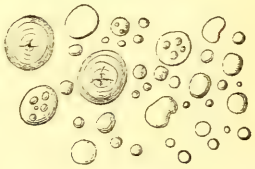
Kartoffelstärke.
0,06 — 0,10 Mm.
n Kernpunkt. * ein zusammengesetztes Korn.
220/1.



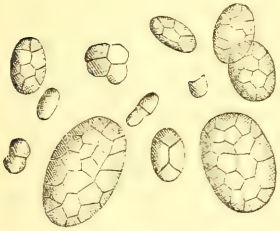
Maisstärke.
0,0132 — 0,0220 Mm.
a aus dem inneren weissen, *b* aus dem äusseren hornartigen Theile des Eiweisskörpers.



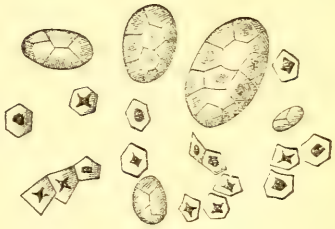
Weizenstärke.
0,0352 — 0,0396 Mm.
n Kernpunkt.
220/1.



Gerstenstärke.
0,0264 Mm.
220/1.



Haferstärke.
0,0044 Mm.
400/1.



Reisstärke.
0,0066 Mm.
400/1.

Granulose) und das unlösliche Stärkemehl. Charakteristisch für das Stärkemehl ist seine starke Quellbarkeit in heissem Wasser, sein Verhalten gegen polarisirtes Licht, die Blaufärbung durch

Jod, sowie seine Fähigkeit, durch verdünnte Mineralsäuren in der Hitze und ebenso durch einige pflanzliche und thierische Fermente (Maltin, Ptyalin und Pankreatin) in Dextrin und Traubenzucker umgewandelt zu werden. Auch durch Erhitzen auf 160° C. kann Stärkemehl in Dextrin übergeführt werden.

Durchschnittliche Menge des Stärkemehls in verschiedenen Pflanzen.

	Procente		Procente
Rapssamen	8,6	Buchweizen	45,0
Senfsamen	9,9	Timotheesamen	45,0
Kleesamen	10,8	Hafer	46,6
Kartoffeln, frisch	19,8	Gerste	57,5
Leinsamen	23,4	Weizen	59,5
Bohnen, weisse	33,0	Roggen	59,7
Erbsen	37,7	Mais	65,0
Linsen	40,0	Reis	74,0

Von der Bildung des Stärkemehls wird später die Rede sein.

Die Cellulose bildet in allen Pflanzen die Zellenmembran. Sie ist gleichsam das Gerüste der Pflanzen und ist je nach deren Alter und Art mehr oder weniger imprägnirt mit den sogenannten incrustirenden Substanzen.[1]) Sie quillt in heissem Wasser nicht auf und wird erst nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure durch Jod blau gefärbt. Gegen verdünntere Säuren und Alkalien zeigt die Cellulose eine grosse Widerstandsfähigkeit und ihre Reindarstellung basirt auf diesem Verhalten. In Kupferoxyd-Ammoniak löst sich die Cellulose und wird aus dieser Lösung durch Säuren als weisses amorphes Pulver ausgefällt. Cellulose ist der wesentliche Bestandtheil der aus pflanzlichem Material (Hanf-, Baumwolle-, Flachsfaser) gewebten Stoffe, sowie des Papieres, des Holzes. Die Gewinnung der genannten spinnbaren Fasern beruht eben auf Reindarstellung der Cellulose.

Durchschnittliche Menge der Cellulose in verschiedenen Pflanzen.

	Procente		Procente
Kartoffeln	1,1	Heu von Timotheegras	23,0
Zuckerrübe	1,3	Sonnenblumensamen	28,0
Weizen	3.0	Wiesenheu	34,0
Mais	5,5	Maisstroh	38,0
Wicken	5,6	Haferstroh	40,0
Gerste	8,0	Weizenstroh	46,0
Rapssamen	10,0	Roggenstroh	54,0
Rother Klee in Blüthe	10,0		

1) Zu den incrustirenden Substanzen, wahrscheinlich Umwandlungsproducte der Cellulose, gehören das Lignin, Xylogen und Suberin. Das Lignin findet sich namentlich in den harten Schalen der Steinfrüchte und den verhär-

Nach neueren Untersuchungen soll Cellulose durch Einwirkung pflanzlicher Fermente auf Rohrzucker entstehen können (Cellulose-Gährung).

Das Lichenin ist eine Stärkemehlart niedriger Pflanzen, z. B. einiger Flechten. In heissem Wasser ist es löslich und scheidet sich beim Erkalten als gallertartige Masse aus. Durch Jod wird es bald blau, bald grünlich gefärbt.

Das Inulin ist in warmem Wasser leicht löslich und wird aus dieser Lösung durch Alkohol als weisses Pulver gefällt, durch Jod wird es nicht blau, sondern nur gelblich gefärbt. Durch Maltin und Ptyalin wird Inulin nicht in Traubenzucker übergeführt.

Das Dextrin findet sich nur selten in den Pflanzen, am häufigsten während der Keimung. Es ist ein Uebergangsglied zwischen Stärkemehl und Zucker, ist in Wasser löslich, aber aus dieser Lösung fällbar durch Alkohol und wird durch Jod gelblich gefärbt. Den polarisirten Lichtstrahl dreht es nach rechts.

Das Gummi (Arabin)[1]) ist ein Excret der Pflanze, löst sich leicht in Wasser, aus dem es durch Alkohol gleich dem Dextrin gefällt wird, unterscheidet sich von letzterem aber dadurch, dass es den polarisirten Lichtstrahl nach links dreht. Es verbindet sich leicht mit Alkalien und alkalischen Erden, spielt also die Rolle einer Säure. Seine Bildung dürfte auf einen Umwandelungsprocess der Cellulose zurückzuführen sein in ähnlicher Weise wie die Bildung des Pflanzenschleimes, welcher sich in den Zellwänden und im Zelleninhalt z. B. beim Tragantstrauch, der Klettwurzel, der Salepwurzel, des Süssholzes, der Quitten, des Leins u. s. w. findet. Der Pflanzenschleim quillt in Wasser bedeutend auf, ohne sich jedoch aufzulösen, mit Schwefelsäure und Jod zeigt er zum Unterschied von dem Arabin Blaufärbung. Wahrscheinlich ist er eine Verbindung von Cellulose und Dextrin.

Die in dem Pflanzenreich sehr verbreiteten Zuckerarten, der Traubenzucker (Dextrose) und Fruchtzucker (Levulose), unterscheiden sich dadurch von einander, dass ersterer krystallisirt und die Polarisationsebene nach rechts dreht, während letzterer nicht krystallisirt und den polarisirten Lichtstrahl nach links ab-

---

teten Zellwandungen der Gräser. Es ist kohlenstoffreicher als die Cellulose und löst sich mit Chlor behandelt in Alkalien auf. Das Xylogen bildet neben der Korksubstanz die Oberhaut (Cuticula), welche die ganze Pflanze mit Ausnahme der Wurzelhaube umgiebt. Das Suberin bildet sich vorzüglich auf der äusseren Zellschichte der Rinde älterer Pflanzen und auch bei Verletzungen der Pflanzentheile, durch welche die Oberhaut zerrissen wurde.

1) Scheibler's Metapektinsäure und Reichardt's Pararabin gehören auch hierher.

lenkt. Beide sind in Wasser und Alkohol leicht löslich, schmecken süss, sind vergährungsfähig und reduciren alkalische Kupferlösungen. Fruchtzucker wird durch Erwärmen von Inulin mit verdünnter Schwefelsäure erhalten, während Stärkemehl, in gleicher Weise behandelt, meist nur Traubenzucker liefert.

Der in den Vogelbeeren vorkommende Sorbit ist in Alkohol fast ganz unlöslich und nicht vergährungsfähig.

Inosit wurde neuerdings im Rebensafte, in jungen Bohnen und Eschenblättern gefunden.

Der Rohrzucker (Saccharose) ist gleich dem Stärkemehl ein Reservestoff für die Pflanzen; in grösserer Menge findet er sich in den Stengeln des Zuckerrohrs, der Zuckermoorhirse, des Maises, in den Wurzeln der Rübe und im Safte des Zuckerahorns. Er ist in Wasser und verdünntem Alkohol leicht löslich, krystallisirt im klinorhombischen System, schmeckt sehr süss, lenkt den polarisirten Lichtstrahl nach rechts, ist nicht vergährungsfähig, reducirt nicht alkalische Kupferlösung und wird durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in sogenannten Invertzucker, d. h. in ein Gemisch von Trauben- und Fruchtzucker verwandelt.

Die Melezitose findet sich in der mannaartigen Ausschwitzung, die sich auf den jungen Trieben des Lärchenbaumes zuweilen zeigt. Sie ist weniger süss als der Rohrzucker und hat ein stärkeres Rotationsvermögen.

Die Melitose kommt in der australischen Manna vor, ist in Wasser leicht löslich, schmeckt aber nur wenig süss.

Durchschnittliche Menge des Rohrzuckers in verschiedenen Pflanzen.

	Procente		Procente
Zucker-Ahorn . . .	2,5	Zuckerrübe	12
Mais in Blüthe . . .	3,75	Zuckerrohr	18
Sorghum	9,5		

b. Die Fette.

Die Fette sind bedeutend ärmer an Sauerstoff als die Kohlehydrate, specifisch leichter als Wasser, unlöslich in Wasser, hingegen löslich in heissem Alkohol, in Aether, Schwefelkohlenstoff und Benzol. Sie hinterlassen auf Papier einen bleibenden durchscheinenden Fleck, sind unzersetzt nicht flüchtig und liefern bei der trockenen Destillation das scharf riechende Acroleïn. Ihrer chemischen Constitution nach sind die Fette Verbindungen von Fettsäuren und Glyceryloxyd, weshalb man sie auch Glyceride nennt. Durch Einwirkung von Alkalien oder alkalischen Erden

werden die Fette verseift, d. h. es verbindet sich unter Abscheidung von Glycerin das Alkali mit der Fettsäure zu einer Seife.

Man unterscheidet flüssige und feste Fette; erstere bezeichnet man als Oele und unterscheidet trocknende und nicht trocknende Oele.

Für die Pflanze spielen die Fette eine gleiche Rolle wie das Stärkemehl, d. h. sie sind Reservestoffe, nur finden sie sich fast ausschliesslich in den Samen.

Beifolgende Tabelle giebt den Fettgehalt einiger Pflanzen und Samen nach den neuesten Untersuchungen.

Tabelle über den Fettgehalt der Trockensubstanz einiger Pflanzen.

	Fettgehalt der Trockensubstanz Procente		Fettgehalt der Trockensubstanz Procente
Roggenstroh	0.83	Kirschensamen	23.60
Haferstroh	0.88	Keime v. nacktem Hafer	25.71
Erbsen	0.925	Bucheckern	28.18
Saubohnen	0.96	Pflaumensamen	28.40
Weizen	1.23	Maiskeime	32.94
Roggen	1.44	Leinsamen	35.21
Gramineenheu	1.33—1.66	Hanfsamen	35.25
Gerste	1.59	Pfirsichsamen	35.70
Nigerkuchen	2,71	Madiasamen	40.44
Hafer	4.53	Mohnsamen	43.39
Mais	4.845	Rapssamen	45.49
Lupinen	6.10	Schwarzer Sesam	49.28
Roggenkeime	12,37	Weisser Sesam	52.50
Weizenkeime	14.25	Palmkerne	52.85
Baumwollensamen	21,72	Erdnuss	55.25
Aepfelsamen	22.00	Cocosnussschale	67,76
Keime von nackter Gerste	22,42		

Die Wachsarten unterscheiden sich von den Fetten nur dadurch, dass sie nicht Glyceryloxyd, sondern Ceryloxyd oder Myricyloxyd als Fettbasis enthalten. Wachs findet sich in der Cuticula der Pflanzen, im Chlorophyllkorn und manche Pflanzen, z. B. die Wachspalme, produciren bedeutende Mengen. Bei allen sogenannten „bereiften“ Pflanzen bildet das Wachs den dünnen bläulichen Ueberzug, der an manchen Pflanzentheilen und Früchten sehr bedeutend ist. Das Wachs scheint kein Reservestoff zu sein und nicht resorbirt werden zu können, sondern mehr physikalische Functionen zu erfüllen.

c. Die Harze, Kautschukkörper und ätherischen Oele.

Die Harze sind ebenso sauerstoffarm, aber gleichzeitig wasserstoffärmer als die Fette. Die frühere Annahme, dass die Harze als Unwandlungsproducte der Zellwand anzusehen seien, hat sich nicht stichhaltig erwiesen, vielmehr scheinen die Gerbstoffe und die Glucoside die Muttersubstanz der Harze zu sein; jedenfalls dienen sie nicht zum Aufbau der Pflanze, sondern sind Körper, die sich in den erweiterten Intercellularräumen ansammeln und an geeigneten Stellen herausquellen.

Die Kautschukkörper finden sich in den Milchsaftgefässen und sind sauerstofffrei. Ob sie Excrete sind oder zur Ernährung verwerthet werden, ist noch unentschieden.

Aetherische Oele sind nicht weniger im Pflanzenreiche verbreitet als die fetten Oele, wenn auch nicht in solcher Menge wie jene in einzelnen Pflanzentheilen angehäuft; sie sind es, die den meisten Blüthen den Wohlgeruch verleihen. Sie finden sich vorzüglich in Blüthen, Früchten, Samen (Anis, Kümmel), Blättern (Minze) und treten als kleine im Zellsaft schwimmende Bläschen oder als grössere Flüssigkeitsmassen in den Intercellulargängen auf. Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der ätherischen Oele giebt es solche, die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen (Citronenöl, Terpentinöl, Wachholderöl, Bergamottöl, Rosenöl u. s. w.), oder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (Anisöl, Baldrianöl, Calmusöl, Kümmelöl, Rosmarinöl, Nelkenöl u. dgl.); endlich enthalten einige auch Stickstoff, z. B. das übelriechende Senföl, das ausserdem noch Schwefel besitzt. Zu den festen ätherischen Oelen rechnet man die Campherarten und das Cumarin, das dem Heu den eigenthümlichen Geruch ertheilt.

Die ätherischen Oele verharzen leicht. Welche Functionen sie für das Pflanzenleben zu erfüllen haben, ist schwer zu sagen.

d. Die Farbstoffe, Bitterstoffe und Glucoside.

Ueber die Pflanzenfarbstoffe sind in neuerer Zeit mannigfache Untersuchungen besonders von Wiesner, Sachsse, Pringsheim, Liebermann u. A. durchgeführt worden, ohne dass alle auf diese Körper Bezug habende Fragen gelöst worden wären.

Der wichtigste Pflanzenfarbstoff ist unstreitig das Chlorophyll[1]);

1) Pocklington und Liebermann haben Chlorophyll auch in den Canthariden gefunden.

welches, so vielfach es auch auftreten mag, keine nennenswerthen Verschiedenheiten zeigt. Nach Liebermann ist das Chlorophyll eine salzartige Verbindung, aus einer Säure (Chlorophyllsäure) und einem basischen Körper (Phyllochromogen) zusammengesetzt. Das Phyllochromogen ist wahrscheinlich die Muttersubstanz des Blumenfarbstoffes. Abgespalten durch die Einwirkung einer Säure oder eines Fermentes wird es zu violettem, blauem oder rothem Blumenfarbstoff oxydirt. Die Bildung des Farbstoffes welker Blätter ist nicht mit tiefeingreifenden Veränderungen des Chlorophylls verbunden, es tritt nur eine schwache Reduction ohne Spaltung ein. Dem Chlorophyll werden bald physikalische, bald chemische Functionen zugeschrieben. Lange Zeit hat man seine Bedeutung für die Assimilation durch seine Absorptionsfähigkeit für Lichtstrahlen zu erklären versucht, die Lichtstrahlen würden in lebendige Kraft, welche die zur Reduction der Kohlensäure und des Wassers nöthige Arbeit leiste, umgewandelt. Sachsse u. A. finden die Bedeutung des Chlorophylls für die Assimilation mehr durch dessen chemisches Verhalten erklärt, Wiesner fasst das Chlorophyll, kurz ausgedrückt, als Reductionsmittel der Kohlensäure auf. Man hat wohl das Chlorophyll als das erste sichtbare Assimilationsproduct, entstanden durch Reduction der Kohlensäure und des Wassers, zu betrachten, welches durch weitere Veränderung Stärke oder andere Kohlehydrate liefert.[1]) Das Chlorophyll ist unter allen Bedingungen ein für das Pflanzenleben sehr wichtiger Stoff, den die Natur auch möglichst zu schützen sucht, wie Wiesner[2]) eingehend dargethan hat.

In manchen Pflanzen, besonders Flechten, finden sich Farbstoffe in solcher Menge, dass sie fabrikmässig gewonnen werden, z. B. Lakmus, Orseille, Indican, Orlean. Ein Theil derselben ist gleich dem Chlorophyll stickstoffhaltig.

Die Bitterstoffe sind krystallisirbare, indifferente, theilweise bitter schmeckende ternäre Verbindungen, deren chemische Constitution nicht näher bekannt ist. Mehrere dürften zu den Glucosiden, andere zu den Harzen, wieder andere zu den Farbstoffen gehören. Bitterstoffe finden sich z. B. im Hopfen, dem Wurmsamen, der Aloë, der Berg-Petersilie, dem Lärchenbaum u. s. w.

Die Glucoside sind im Pflanzenreich ziemlich verbreitet und charakterisiren sich dadurch, dass sie durch Wasseraufnahme leicht

---

1) Man vergleiche übrigens J. Böhm: Ueber Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Januar 1876.

2) Siehe dessen Abhandlung in der Festschrift zur Feier des 25jährigen Bestehens der zool.-bot. Gesellschaft in Wien. Braumüller 1876.

in Zucker und einen anderen Körper gespalten werden können. Wegen ihrer leichten Spaltbarkeit, die sie mit einigen später zu besprechenden stickstoffhaltigen Körpern (Amygdalin, Myronsäure, Solanin etc.) theilen, sind sie für das Pflanzenleben wichtig und dürften als Reservestoffe und Muttersubstanz mancher werthvollen Bestandtheile anzusehen sein. Als Beispiele der Glucoside seien angeführt das Salicin in der Weidenrinde, welches durch Fermente (Emulsin) in Saligenin und Zucker, durch verdünnte Säuren in Saliretin und Zucker gespalten wird; das Populin in der Espe, welches in Salicin und Benzoesäure; das Phloridzin in der Wurzelrinde der Obstbäume, welches in Phloretin und Zucker; das Aesculin in der Rinde der Rosskastanie, welches in Aesculetin und Zucker gespalten werden kann.

Eine weit verbreitete Gruppe der Glucoside sind die Gerbstoffe oder Gerbsäuren, feste, theils krystallisirbare, theils amorphe, geruchlose Körper von eigenthümlich herbem, zusammenziehendem Geschmack, die mit leimgebenden Geweben unlösliche Verbindungen (Leder) eingehen, bei hoher Temperatur häufig Brenzsäuren liefern, Eisenoxydsalze blauschwarz oder grün färben und in Zucker und ein den Gerbsäuren nahe stehendes Product gespalten werden können. Die wichtigsten Gerbsäuren sind die Galläpfelgerbsäure, spaltbar in Gallussäure und Zucker; die Moringerbsäure, spaltbar in Phloroglucin und Protocatechusäure, und die Kaffeegerbsäure, spaltbar in Kaffeesäure und Zucker.

e. Die Pektinstoffe.

Die Pektinkörper finden sich beinahe in allen Pflanzen, vorzüglich in den fleischigen Früchten und den rübenartigen Wurzeln, und besonders soll die Intercellularsubstanz Sitz der Pektinstoffe sein. Sie bilden beim Einkochen der Pflanzensäfte den Gallerte bildenden Bestandtheil, reagiren theilweise sauer und können nicht in Zucker übergeführt werden. Die in unreifen Pflanzentheilen vorkommende Pektose wird durch ein Ferment (Pektase) in Pektin, Pektosinsäure und Pektinsäure gespalten. Zu den Pektinkörpern gehören noch das Parapektin, Metapektin, die Parapektinsäure und Metapektinsäure. Ueber die Bildung und Function der Pektinkörper weiss man noch wenig.

f. Die Pflanzensäuren.

Man hat wohl vielfach die organischen Säuren als die ersten in der Pflanze aus Kohlensäure und Wasser entstandenen Producte

angesehen, aus denen dann andere Körper, besonders die Kohlehydrate, entstehen sollten; wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Pflanzensäuren aus schon gebildeten stickstofffreien oder stickstoffhaltigen Stoffen sei es durch Spaltung, sei es durch Oxydation entstehen. Die bemerkenswerthesten organischen Säuren sind die Oxalsäure, die Aepfelsäure, die Citronensäure und die Weinsäure.

Die Oxalsäure findet sich selten frei, meist an Kalk, Kali oder Natron gebunden in manchen Oxalis-, Rumex-, Salicornia- und Rheum-Arten. Sie ist eine zweibasische, sehr starke Säure, die wohl auch anorganische Salze zu zersetzen vermag und dadurch möglicherweise eine wichtige Function im Pflanzenleben erfüllt. Die Aepfelsäure wird als Kalk- oder Alkalisalz in manchen unreifen Früchten, z. B. den Aepfeln, Vogelbeeren, Schlehen, Sauerdorn u. s. w. gefunden. Das Amid der Aepfelsäure ist das für das Pflanzenleben bedeutsame Asparagin. Die Weinsäure tritt sehr verbreitet theils frei, theils in ihren Kali- und Kalksalzen auf, z. B. im Traubensafte, Ananas, unreifen Vogelbeeren, Gurken, in manchen Knollen und Zwiebeln. Die Citronensäure findet sich meist von Aepfelsäure und Weinsäure begleitet in den Citronen, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Heidelbeeren u. s. w.

Die organischen Säuren dürften ausser der bei der Oxalsäure erwähnten noch manche andere wichtige Function beim Stoffwechsel in der Pflanze zu erfüllen haben, z. B. bei gewissen Fermentwirkungen.[1])

B. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen.

Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen kann man gruppiren in die Albuminate oder Proteïnstoffe, die pflanzlichen Fermente und die Pflanzenalkaloide.

a. Die Proteïnstoffe.

Die Proteïnstoffe sind aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff (14,7 — 18,4 %) und hie und da auch noch Schwefel und Phosphor zusammengesetzte, indifferente, geruch-, geschmack- und farblose, meist amorphe, die Polarisationsebene nach links drehende, leicht faulende, nicht flüchtige Stoffe, die beim Verbrennen einen intensiv unangenehmen Geruch geben, durch concentrirte Schwefelsäure in Leucin, Tyrosin, Glutaminsäure, Asparaginsäure

1) Man vergl. Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1876 Nr. 9 S. 676.

u. s. w. zersetzt werden, mit Schwefelsäure und Zucker behandelt sich purpurroth, mit salpetrige Säure enthaltendem Quecksilbernitrat roth, mit Jod und concentrirter Salpetersäure gelb färben.

Die rationelle Formel der Proteïnstoffe ist noch nicht bekannt.

Man kann die Proteïnstoffe der Pflanzen eintheilen in Albumine, Fibrine und Caseïne.

Das Pflanzen-Albumin kommt gelöst oder doch in halbflüssiger Form überall da in den Pflanzen vor, wo Neubildung stattfindet, und ist ein Hauptbestandtheil des protoplasmatischen Zellsaftes. Auch in den Samen finden sich grössere Mengen Eiweiss. Seine Zusammensetzung scheint in den verschiedenen Pflanzen etwas zu differiren, der Stickstoffgehalt schwankt zwischen 15,5 bis 17,6 %. Es ist in Wasser löslich und wird aus dieser Lösung durch Erhitzen auf 55 — 75 ° C. in Flocken ausgeschieden. Es enthält stets ziemlich beträchtliche Mengen von Asche.

Das Pflanzenfibrin oder der Pflanzenkleber, welcher vornehmlich in den Samen der Getreidearten sich findet, besteht nach Ritthausen aus dem dem Pflanzen-Caseïn sehr nahe stehenden Glutencaseïn, dem Glutenfibrin, dem Mucedin und Gliadin, Körper, die namentlich in Folge ihrer verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse in Alkohol von einander getrennt werden können. Das Gliadin oder der Pflanzenleim ist der stickstoffreichste dieser Proteïnstoffe. Der Weizen enthält alle vier Fibrine, die Gerste: Glutencaseïn, Glutenfibrin und Mucedin; der Roggen: Glutencaseïn, Glutenfibrin und Mucedin; der Mais: Glutenfibrin (Zëin) und Glutencaseïn; der Hafer: Glutencaseïn und Gliadin (Avenin).

Zu den Pflanzencaseïnen rechnet Ritthausen, ausser dem bereits erwähnten im Rohkleber vorkommenden Glutencaseïn, noch das Legumin und Conglutin. Das Legumin, welches in grösserer Menge in den Hülsenfrüchten gefunden wird, ist in Wasser löslich und scheidet sich aus seiner Lösung bei Erhitzen nicht in Flocken, sondern in Form einer Haut ab, bei Zusatz von Alkohol, Essigsäure oder Lab gerinnt es. Das Conglutin wurde in den Mandeln und Lupinen gefunden, es charakterisirt sich durch einen niedrigen Kohlenstoff- und sehr hohen Stickstoffgehalt.

Die Bildung der Proteïnstoffe geschieht in der Pflanze höchst wahrscheinlich durch Vereinigung stickstofffreier organischer Bestandtheile mit stickstoff-, resp. schwefel- und phosphorhaltigen anorganischen Substanzen. In manchen Fällen dürfte auch dem in den Pflanzen, namentlich in den keimenden, vorkommenden Asparagin und Leucin eine Rolle bei der Bildung und Umwandlung der Proteïnstoffe zufallen.

Durchschnittliche Menge der Albuminate in verschiedenen Pflanzen.

	Procent		Procent
Turnips, frisch	1,0	Buchweizen-Körner, lufttrocken	7,8
Futtermais, grün	1,2	Wiesenheu, lufttrocken	8,5
Gelbe Rüben, frisch . . .	1,3	Gerste-Körner, „	10,0
Zuckerrübenblätter, grün .	1,9	Bohnenstroh, „	10,2
Kartoffeln, frisch	2,0	Mais-Körner, „	10,7
Stroh von Sommergetreide, lufttrocken	2,0	Roggen-Körner, „	11,0
Stroh von Winterkorn, lufttrocken	3,0	Hafer-Körner, „	12,0
Wiesengras, grün . . .	3,1	Weizen-Körner „	13,2
Blätter von gelben Rüben, grün	3,5	Heu von Rothklee, „	13,4
Rother Klee, grün . . .	3,7	Heu von Weissklee, „	14,9
Weisser Klee, grün . . .	4,0	Erbsen-Körner „	22,4
Erbsenstroh, lufttrocken .	7,3	Bohnen-Körner „	24,1
		Lupine-Körner „	34.5

b. Die pflanzlichen Fermente.

Schon bei den Glucosiden wurde gewisser, den Proteïnstoffen nahe stehender, stickstoffhaltiger Stoffe gedacht, welche die Fähigkeit besitzen, ohne selbst bemerkbare Veränderungen zu erleiden, Spaltungen in einigen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Substanzen hervorzurufen. Diese als „Fermente“ bezeichneten Stoffe scheinen aus den Albuminaten hervorzugehen und besonders die Function zu haben, organische Reservestoffe in die Form zu bringen, welche für ihre Verwendung zum Aufbau der Pflanze geeignet ist. Derartige Fermente sind u. A. die Synaptase oder das Emulsin, welches z. B. das Amygdalin in Bittermandelöl, Blausäure und Zucker zu spalten vermag; das Maltin in den keimenden Getreidekörnern, welches bei geeigneter Temperatur Stärke in Dextrin und Zucker verwandelt; das Myrosin in den Senfsamen u. s. w. Durch Erhitzen über 100° C. verlieren die Fermente ihre Wirksamkeit. Neuerdings hat Gorup-Besanez auch eine ganze Reihe peptonbildender Fermente entdeckt, z. B. in den Wickensamen, dem Samen von Cannabis sativa, von Linum usitatissimum, in der gekeimten Gerste, sowie in den Secreten der sogenannten „fleischfressenden Pflanzen“, z. B. der Nepenthes und Drosera.

c. Die Pflanzen-Alkaloide.

In manchen Pflanzenfamilien (besonders den Solaneen, Papaveraceen, Euphorbiaceen, Ranunculaceen, Colchiceen und Cinchoneen)

finden sich gewisse sauerstofffreie oder doch sehr sauerstoffarme Substanzen, die basische Eigenschaften besitzen und sich durch specifische Einwirkung auf den thierischen Organismus charakterisiren. Man nennt sie Alkaloide. Für das Pflanzenleben an sich scheinen sie nicht nothwendig zu sein, denn je nach den klimatischen Verhältnissen sind in manchen Pflanzen die Alkaloide reichlich vertreten oder fehlen ganz. So fehlt z. B. in Schottland dem Schierling das Coniin, die Cinchona-Arten erzeugen, wenn bei uns gezogen, kein Chinin u. s. f. Man unterscheidet flüchtige und nicht flüchtige, sauerstoffhaltige und sauerstofffreie Alkaloide. Einige der wichtigeren natürlich vorkommenden organischen Basen sind: das Morphin, Narcotin, Chinin, Cinchonin, Strychnin, Veratrin, Colchicin, Atropin, Coniin, Nicotin, das Caffëin, Vicin u. s. w.

III. Das Leben der Pflanze.

1. Allgemeine Lebensbedingungen.

A. Das Licht.

Das Licht der Sonne ist der eigentliche Producent pflanzlicher Materie. Im Dunkeln kann die Pflanze wohl aufgespeicherte Reservestoffe zum Aufbau von Zellen verwerthen, neues Material vermag sie aber nicht zu schaffen. Vor Allem bedürfen die Organe, in welchen die Assimilation der Pflanzennährstoffe bewirkt wird, die Chlorophyllkörner, zu ihrer Ausbildung des Lichtes und nur in Ausnahmsfällen (Pinus, Thuja, Farren) bildet sich auch Chlorophyll bei Lichtmangel. Uebrigens ist ein Zuviel des Lichtes dem Chlorophyll nachtheilig, wie schon Senebier vor etwa 100 Jahren gefunden.[1]) Wiesner beobachtete neuerdings, dass die am meisten leuchtenden Strahlen des Lichtes das Chlorophyll am kräftigsten zerstören und dass das grüne Pigment jugendlicher Chlorophyllkörner besonders leicht der Zerstörung anheimfalle, während tief ergrünte Chlorophyllkörner eine auffallende Resistenz gegen die Wirkung intensiver Beleuchtung bekunden. Die Schutzeinrichtungen, welche ausser der Aufgabe, das grelle Licht von den jugendlichen Chlorophyllkörnern abzuhalten, auch noch andere physiologische Functionen zu verrichten haben, zeigen sich in der

1) Die Bildung der rothen Backen an der stärker beleuchteten Seite von Aepfeln, Birnen, Pfirsichen und anderen Obstsorten dürfte auch aus Modificationen des Chlorophylls durch das Licht zu erklären sein.

Regel nicht an den in tiefem Schatten lebenden Gewächsen (Moose). Kommen Schatten-Pflanzen auf sonnige Standorte, so erbleichen sie und verkümmern oder sie ändern ihren Habitus: die Stengelglieder verkürzen sich, die Blätter nehmen in Folge dessen eine gedrängtere Lage an, die jüngsten bergen sich im Schlagschatten der älteren und sind der Wirkung senkrecht einfallender Sonnenstrahlen entrückt. Es ist ferner nicht zu bezweifeln, dass bei vielen Keimlingen das Ergrünen der Primordialblätter dadurch begünstigt wird, dass sich dieselben anfangs im Schlagschatten grosser Cotylen oder im Boden entwickeln und stark ergrünt ans Licht treten, mithin zu einer Zeit, in der sie gegen die Angriffe greller Beleuchtung bereits geschützt sind. Weiter gewähren dem Chlorophyll Schutz gegen zu grelles Sonnenlicht: das Oberhautgewebe, welches entweder das Licht reichlich reflectirt oder, mit einem mehr oder minder dichten Haarüberzug versehen (Edelweiss), das Licht abschwächt; die Faltung der aus der Knospe heraustretenden Blätter und die Lage des jungen Blattes gegen die Richtung des einfallenden Lichtes (Oleander, Gräser). Endlich müssen einige deckende Organe (Stengelhaare, Nebenblätter, Scheiden) als Schutzmittel gegen die Zerstörung des Chlorophylls durch intensives Licht aufgefasst werden. Bei manchen Pflanzen reichen jedoch auch für die gewöhnlichen Standorts- und Beleuchtungsverhältnisse die vorhandenen Schutzmittel nicht aus, solche Pflanzen zeigen während ihres ganzen Lebens oder zeitweise Verblassungen und Verfärbungen ihrer grünen Organe, welche ihren Habitus mit bestimmen. Solche habituelle Verblassungen findet man beim jungen Laub vieler Coniferen, bei den Sommertrieben vieler Weiden, Pappeln, Eichen und manchen anderen Gewächsen.

Das Auftreten der bunten Blüthenfarbstoffe scheint von der localen Einwirkung des Lichtes ganz unabhängig zu sein und durch die Laubblätter vermittelt zu werden, wohl aber können die leuchtenden Strahlen, wenn sie unmittelbar die im Finstern gebildeten Blüthenfarben treffen, letztere zerstören.

Der normale Habitus der Stengel und Blätter wird wesentlich durch die directe Einwirkung des Lichtes bedingt. Im Dunkeln erzogen und daher bleiche, etiolirte Pflanzen verlängern ihre Stengelglieder oft um das 10 bis 20fache der gewöhnlichen Grösse, dagegen bleiben Blätter der Dikotyledonen und Farnkräuter, welche bei normalem Wuchse breit und verzweigt sind, im Finstern ausserordentlich klein. Die meisten chlorophyllhaltigen Pflanzen wenden sich in Folge der durch die Einwirkung des Lichtes geänderten Gewebespannung dem Lichte zu (Heliotropismus). Seltener wird die Wendung vom Licht weg beobachtet, wie z. B. bei dem

Stengel vom Epheu oder den jungen Wurzelfasern der Mistel; die gemeine Brunnenkresse zeigt bei dem jungen Stengel eine Neigung gegen das Licht zu, bei dem älteren Stengel eine Abneigung von dem Lichte.

Die wichtigste Function des Lichtes ist wohl die Arbeitsleistung in der chlorophyllhaltigen Zelle durch Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers unter Abscheidung von Sauerstoff und gleichzeitiger Bildung organischer Stoffe. Diese Leistung chemischer Arbeit findet in einem Gemenge von orangem, gelbem und grünem Lichte fast ebenso energisch statt, wie im weissen Tageslichte, dagegen haben blaue, violette und ultraviolette Strahlen für die Sauerstoffabscheidung keine oder nur sehr geringe Bedeutung.

Als Beispiel für die Unerlässlichkeit des Lichtes zur Production pflanzlicher Materie sei nachstehender Versuch Boussingault's angeführt:

Am 26. Juni wurde je eine Bohne in einen Topf mit geglühtem Bimsstein, der mit reinem Wasser befeuchtet wurde, gesteckt; die eine entwickelte sich am Lichte, die andere im Finstern bis zum 22. Juli:

	im Licht		im Finstern.
Gewicht des Samens	0,922 Grm.		0,926 Grm.
Gewicht der Pflanze	1,293 „		0,566 „
Gewinn . . . =	0,371 „	Verlust =	0,360 „
Kohlenstoff: Gewinn =	0,1926 „	„ =	0,1598 „
Wasserstoff: „ =	0,0200 „	„ =	0,0232 „
Sauerstoff: „ =	0,1591 „	„ =	0,1766 „

J. Macagno beobachtete die Einwirkung verschiedenen Lichtes auf Bohnen, welche 3 Wochen im August unter gleichen Verhältnissen vegetirt hatten. Die gewonnenen Resultate waren:

	Trockensubstanz	Org. Substanz	Asche
Weisses Licht	0,534	0,452	0,082
Violettes Licht	0,330	0,278	0,052
Rothes Licht	0,263	0,189	0,075
Gelbes Licht	0,222	0,168	0,054

Dagegen fand Pfeffer[1]), dass die gelben Strahlen bei der Kohlensäurezersetzung am leistungsfähigsten, die violetten die am wenigsten leistungsfähigen seien.

Uebrigens vermögen ebenso wie das Sonnenlicht auch irdische

1) Pfeffer fand die Zahl der im hellsten Gelb ausgeschiedenen Gasblasen = 100 angenommen: Roth 25,4; Orange 63,0; Gelb 100,0; Grün 37,2; Blau 22,1; Indigo 13,5; Violett 7,1.

Lichtquellen die chlorophyllhaltigen Organe zur Sauerstoffabscheidung anzuregen (Biot, de Candolle, E. Prillieux). Der erste organische Stoff, der im Chlorophyllkorn durch das Licht gebildet wird, scheint die Stärke zu sein, obwohl, wie J. Böhm neuerdings zeigte, jene Lichtintensität, welche hinreicht, um grüne Pflanzen zur Zerlegung der Kohlensäure zu befähigen, auch eine Wanderung der Stärke aus dem Stengel in die Chlorophyllkörner bewirkt und damit die Ansicht: alle Stärke, welche in entstärkten Chlorophyllkörnern von dem vollen Tageslichte ausgesetzten Pflanzen auftritt, sei ein unmittelbares Assimilationsproduct der Kohlensäure, als unrichtig erwies.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bildung der anderen Pflanzenstoffe weiss man leider noch weniger. Dass durch kräftige Insolation die Bildung der Blüthenfarbstoffe und Riechstoffe gefördert wird, ist allbekannt. Die aus südlicheren Gegenden nach nördlicheren eingeführten Pflanzen zeigen nicht nur grössere und intensiver gefärbte Blüthen, sondern die aromatischen Küchenkräuter sowie die Obstsorten gewinnen auch an Aroma, während sie an Süsse verlieren.

Einen Einfluss übt ferner das Licht auf die Verdickung der Bast- und Holzzellen u. zw. begünstigt es die Vermehrung der Holzelemente (Cannabis sativa), sowie die Neubildung der Fibrovasalstränge in den Monokotyledonen.

Aber nicht allein die Kohlensäurezerlegung in den grünen Pflanzentheilen ist von der Lichteinwirkung abhängig, sondern auch, wie R. Weber nachgewiesen hat, die Aufnahme der mineralischen Nährstoffe. Im Allgemeinen geht die Aufnahme sämmtlicher Aschenbestandtheile im gleichen Verhältniss mit der Helligkeit des einwirkenden Lichtes vor sich; dabei scheint es aber, dass die Phosphorsäureaufnahme vorzüglich unter Einwirkung der minder brechbaren Strahlen des Spectrums stattfindet, während dagegen Kalk und Kali unter Einfluss der stärker brechbaren und auf Silbersalze wirkenden Strahlen verhältnissmässig leichter aufgenommen wird. Möglicherweise entstehen die Proteïnstoffe, zu deren Bildung die Anwesenheit von Phosphaten nothwendig ist, mehr unter dem Einfluss der weniger brechbaren und hellen Strahlen, die Kohlehydrate besonders unter der Einwirkung der mehr brechbaren Strahlen.

B. Die Wärme.

Ueber die praktischen Beziehungen der Wärme auf das Keimen und Wachsen der Culturpflanzen wird bei Besprechung des Keimungsprocesses und der Culturpflanzen die Rede sein. Hier seien

nur die allgemeinen Relationen der Wärme auf die Lebensvorgänge in der Pflanze kurz erörtert.

Die Wärmequellen für die Pflanze sind die Wärme der umgebenden Luft und die durch die Athmung und innere Oxydation bedingte Eigenwärme. Letztere macht sich selten bemerkbar und ist für den Haushalt der Pflanzen, wie es scheint, von keiner Bedeutung. Nur bei dem Keimungs- und Fruchtbildungsprocess ist die Aufnahme von Sauerstoff und die Oxydation eine so lebhafte, dass Temperaturerhöhung leicht wahrgenommen werden kann. In welchem Maasse bei der Keimung, sei dort angeführt, bei den Kolben der Aroiden fand man eine Steigerung von 9 ° C. über die umgebende Temperatur.

Zu jeder physiologischen Function, besonders aber zur Protoplasmabewegung sind bestimmte Temperaturen nothwendig. Es existiren Temperaturgrenzen, deren Ueberschreiten nach unten und oben Störungen (Kälte- oder Wärmestarre) in den normalen Functionen des Protoplasmas hervorrufen. Für verschiedene Pflanzen sind die Temperaturgrenzen für die Beweglichkeit des Protoplasmas verschieden, so ist die untere Grenze bei Nitella syncarpa 0 °, bei den Haaren des Kürbisses 10—11° C.; die obere Grenze liegt für Nitella bei 37 ° C. Bei den Haaren des Kürbisses steht, wenn sie in Wasser von 46—47 ° C. getaucht sind, die Strömung binnen zwei Minuten still, in Wasser über 47 ° C. schon binnen einer Minute; in der Luft können diese Haare dagegen 10 Minuten lang 49—50,5 ° C. ertragen, ohne dass die Strömung aufhört.

Die Sauerstoffabscheidung in den grünen Organen im Lichte beginnt bei Potamogeton erst bei 15 ° C. und hört bei 10° C. auf. Heinrich fand bei Hottonia palustris als unterste Grenze für regelmässige Sauerstoffabscheidung 4,5 ° R., als obere 40—45 ° R. Je mehr sich die Temperatur von diesen äussersten Grenzen entfernte, desto energischer wurde die Sauerstoffabscheidung und erreichte ihren Culminationspunkt bei 25 ° R. Blätter, welche 10 Minuten in Wasser von mehr als 55 ° R. lagen, verloren überhaupt die Fähigkeit, Kohlensäure zu zersetzen. Bei vielen im Winter, Herbst und Frühjahr vegetirenden Moosen und Flechten dürfte diese Temperaturgrenze viel tiefer liegen. Böhm fand bei seinen Versuchen über die Respiration von Landpflanzen, dass die Menge der durch innere Verbrennung in der Pflanze gebildeten Kohlensäure sehr von der Temperatur abhänge. Bei Temperaturen von 39 bis 40 ° C. und 6—10 ° C. wurde durch den Respirationsprocess mehr Kohlensäure gebildet als zerlegt.

A. Mayer schliesst nach seinen Versuchen, dass die Athmung einer Pflanze schon bei Temperaturen beginne, die weit niedriger

liegen, als das Wachsthumsminimum derselben Pflanze und selbst schon etwas unter 0°; sie steige alsdann annähernd proportional der Temperatur, weit über das Wachsthumsoptimum hinaus, bis zu Wärmegraden, bei welchen das Längenwachsthum erlischt, gleichmässig fort.

Auch die Wasseraufnahme durch die Wurzeln hängt von bestimmten Temperaturgrenzen ab. Die Wurzeln von Tabak- und Kürbispflanzen nehmen z. B. aus einem feuchten Boden von 3—5° C. nicht so viel Wasser auf, um den schwachen Verdunstungsverlust zu ersetzen, so dass ihre Blätter zu welken beginnen. Die Geschwindigkeit und Intensität der Lebensfunctionen der Pflanzen sind übrigens der Wärmezunahme keineswegs proportional, wie später durch Beispiele belegt werden wird.

C. Die Elektricität.

Die chemische Verschiedenheit der Säfte benachbarter Zellen, die Diffusion der Salze von Zelle zu Zelle und ihre Zersetzung, die Sauerstoffabscheidung aus chlorophyllhaltigen Zellen, die Athmung, die Verdunstung der Pflanzen, kurz alle die mannigfachen chemischen und biologischen Processe müssen elektrische Ströme erzeugen und doch weiss man im Ganzen darüber noch sehr wenig. Sicher ist, dass sich das innere Gewebe der Landpflanzen zu ihrer stärker cuticularisirten Oberfläche dauernd negativ elektrisch verhält und dass ein gleiches Verhalten zwischen der von Gewebesäften durchtränkten Wurzeloberfläche und der Oberfläche der Stengelglieder und Blätter stattfindet. Nach J. Ranke verhalten sich die Querschnitte von Pflanzenstücken positiv, die Längsschnitte negativ und es erscheint gerechtfertigt, die Du Bois-Reymond'sche Molecularhypothese der thierischen Elektricität auf die Pflanzenelektricität zu übertragen.

Burdon Sanderson hat in dem lebenden Blatte von Dionaea muscipula, auch nach dem Abschneiden, einen elektrischen Strom nachgewiesen, der in der Blattscheibe von der Basis zur Spitze, im Blattstiel von dem oberen Theil zur Stielbasis gerichtet ist. Dieser Strom in der Blattscheibe ändert seine Richtung, sobald eine Fliege in ein Blatt kriegt oder man dessen sensible Haare berührt, wodurch die Scheibe geschlossen wird. Munk fand bei seinen Versuchen am nicht abgeschnittenen Blatt diese elektromotorischen Wirkungen bestätigt und meint, dass die ungefähr cylindrischen Zellen des Blattflügel-Parenchyms und der beiden Mittelrippen-Parenchyme mit Kräften ausgestattet sind derart, dass die positive Elektricität

von der Mitte der Zelle nach jedem der beiden Pole hingetrieben, die Pole positiv sind gegen die Mitte.

Nicht allzu starke elektrische Ströme heben die Beweglichkeit des Protoplasmas und reizbarer Organe nur zeitweise auf, während stärkere zerstörend auf das Leben des Protoplasmas und somit der Pflanzen einwirken.

D. Die Schwerkraft.

Die Schwerkraft spielt vor Allem bei dem Wachsthum der Wurzel eine Rolle. Sie ist es, die das Herabsinken der Wurzelspitze veranlasst, wenn man diesen Wachsthumsvorgang, die geotropische Krümmung der Wurzeln, auch nicht einfach als ein passives Herabsinken der Wurzelspitzen anzusehen hat. Genaue Messungen haben ergeben, dass, wenn man eine Wurzel in eine horizontale Lage bringt, die Unterseite in ihrem Wachsthum immer erheblich beeinträchtigt wird, während die nach oben gekehrte Seite gewöhnlich kräftiger wächst, als sie dies in normaler Lage gethan hätte; aus diesem im ganzen wachsthumfähigen Wurzelstück eintretenden Wachsthumunterschied muss eine Abwärtskrümmung resultiren. Für horizontal gelegte Stengel gilt das Gegentheil, es sinken die Nahrungssäfte mehr nach unten, wodurch in der unteren Seite ein schnelleres Wachsthum eintritt, was sodann selbstverständlich eine Aufwärtskrümmung zur Folge haben muss. Was diese Ansammlung von Nahrungssäften bald unten, bald oben veranlasst, bleibt freilich noch zu erklären.[1]) Während die Hauptwurzeln in Folge der Schwerkraftswirkung in verticaler Richtung wachsen, treten die Nebenwurzeln erster Ordnung unter einem Winkel von 60, 70, 90 ^{0} aus jener hervor und die Schwerkraft ist nicht im Stande, sie aus dieser Richtung abzulenken. Bringt man dagegen eine solche Wurzel in eine mehr horizontale Lage, so macht sich eine Schwerkraftswirkung geltend, die Wurzelspitze wendet sich wieder etwas mehr nach unten. Auf die Nebenwurzeln 2. Ordnung, die nach allen Richtungen aus denjenigen 1. Ordnung hervorbrechen, scheint die Schwerkraft gar keinen Einfluss auszuüben.

Sehr viele Einrichtungen findet man bei den Pflanzen, um der auf alle Theile influirenden Schwerkraft entgegen zu wirken. Die Festigkeit und Elasticität des Holzes aufrechter Stämme, die gleich-

1) Kny spricht gelegentlich seiner Versuche über den Einfluss der Schwerkraft auf die Anlegung von Adventiv-Wurzeln und Sprossen von „Nachwirkung“ der Stellung, welche die Stecklinge vorher im Gesammtbau des mütterlichen Organismus einnahmen.

mässige Vertheilung der Last des Laubes und der Aeste nach allen Seiten hin, die rankenden und schlingenden und die verschiedenen Vorrichtungen zum Klettern bei dünnen Stämmen, welche sich unter der Last ihrer Blätter und ihres eigenen Gewichtes nicht aufrecht erhalten können, die Schwimmapparate schwimmender Pflanzen, die Flugapparate vieler Samen und Früchte und viele andere Einrichtungen mindern den Einfluss der Schwerkraft.

Zweckmässig erscheint, das Pflanzenleben nach seinen natürlichen Perioden zu besprechen. Der Kreislauf des Lebens beginnt in den Pflanzen mit dem Keimen, während welcher Periode sich die Pflanze auf Kosten einzelner eigener Organe entwickelt; in der zweiten Periode, der des Wachsens, ernährt sie sich auf Kosten der Aussenwelt, sie entnimmt die Nährstoffe dem Boden und der Luft; in der dritten, der Fortpflanzungsperiode, entwickeln sich wieder einzelne Pflanzenorgane, nämlich die Fortpflanzungsorgane, auf Kosten der ganzen Pflanze.

2. Das Keimen.

Unter Keimen versteht man die Entwickelung des im Samen ruhenden Embryo bis zur jungen sich selbstständig ernährenden Pflanze. In jedem Samen, dem wichtigsten für die Vermehrung der Pflanze bestimmten Organe, findet sich ein Keim (Embryo) mit seinen Hilfsorganen, welche den Zweck haben, den Keim bis zu dem Zeitpunkte zu ernähren, wo sich die Wurzeln so weit ausgebildet haben, um der jungen Pflanze Nahrung von aussen zuführen zu können. Haben die Hilfsorgane ihren Zweck erfüllt und kann sich das Pflänzchen selbstständig ernähren, so sterben sie ab. Der Keim hat ein Würzelchen (Radicula) und ein Blüthchen oder Stengelchen (Plumula); aus ersterem entwickeln sich die Wurzeln, aus letzterem die Stengel und Blätter. An der Grenze nun zwischen Würzelchen und Stengelchen finden sich die unverhältnissmässig gross entwickelten Hilfsorgane, die man Keimblätter oder Samenlappen (Kotyledonen) nennt, nach welchen bekanntlich die mit sichtbarer Blüthe blühenden Pflanzen in ein- und zweisamenlappige eingetheilt werden. Bei einigen Samen kommt nebst den Samenlappen und dem Keim eine sie umgebende Zellgewebmasse vor, die man als Eiweisskörper bezeichnet.

Die umstehenden Figuren (S. 270 u. 278) versinnlichen die genannten Organe an dem Längsschnitt eines Gerstenkornes und einer Bohne.

Vergrösserte Durchschnitte durch ein nicht keimendes und durch ein keimendes Gerstenkorn.

a die Furche.

b die hintere dünne Spelze.

c die hintere Hälfte der zarten Fruchtschale.

d die hintere Hälfte der unter der Furche zur sogenannten Samennaht verdickten Samenschale.

e Gefässbündel der Samennaht.

f die Basalborste.

g die vordere dickere Spelze.

h die andere Hälfte der Fruchtschale.

i die andere Hälfte der Samenschale.

k der Mehlkörper (das sogenannte Sameneiweiss).

l bis *x* der Keim.

l bis *v* der Blattkeim.

v bis *x* der Wurzelkeim.

l das Keimblatt.

m der Wulst desselben, von welchem aus die Samenschale *i'* sich frei über den Keim herabzieht.

n die Scheide des Keimblattes, welche sich aus dessen Grund erhebt und das Knöspchen des Keimes umschliesst.

o die Spalte in der Scheide, durch welche das Knöspchen bei seiner Entwickelung hervortritt.

p bis *v* das Keimknöspchen.

p das erste Blatt des Knöspchens.

q die Ränder dieses Blattes, welche nach hinten über einander geschlagen sind.

r das zweite, *s* das dritte Blatt.

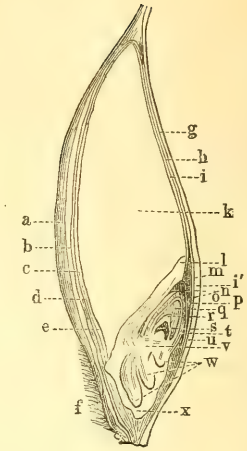
t die Spitze des jungen Stengels.

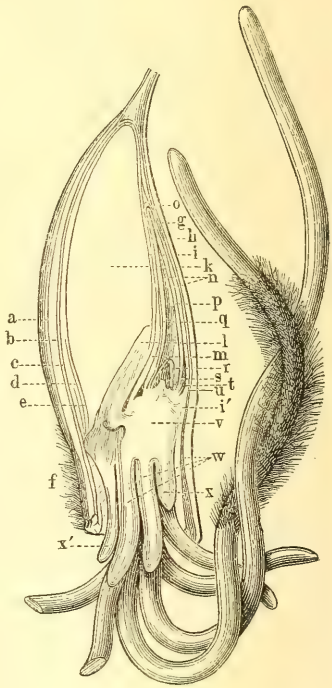
u das junge Seitenknöspchen, in der Achsel des ersten Blattes.

v der mittlere Theil des Keimes, Grenze zwischen Wurzel und Stengel.

w drei Nebenwürzelchen.

x die Hauptwurzel, welche immer unentwickelt bleibt und beim Keimen von den in ihrem Gewebe eingeschlossenen Nebenwürzelchen durchbrochen wird.





Soll ein im Samenkorn eingeschlossener Keim aus seiner Ruhe zur Lebensthätigkeit erwachen, d. h. keimen, so müssen auch die Bedingungen des Keimens erfüllt werden. Die erste Grundbedingung ist vollständige Reife und normaler Zustand des Samens. Unreife Samen schwimmen auf dem Wasser, reife sinken unter. Unreife oder nicht vollständig ausgereifte Samen keimen in den meisten Fällen nur sehr unsicher oder gar nicht. In zweifelhaften Fällen ist dem Landwirth anzurathen, sich von der Keimfähigkeit zu überzeugen, indem er einige zu prüfende Samen auf ein feuchtgehaltenes Fliesspapier ausbreitet, wo dann die keimfähigen Samen je nach der Samenart zur entsprechenden Zeit zu keimen beginnen. Nach dem Verhältniss der gekeimten zu den ungekeimten Samen muss er die Menge der zu verwendenden Samen bestimmen. Ueberhaupt kann ihm die grösste Sorgfalt bei der Auswahl des zu benutzenden Samens nicht dringend genug an das Herz gelegt werden und wenn auch einzelne Landwirthe diese Sorgfalt beobachten, so wird doch im Allgemeinen der Scheidung des schweren, ausgereiften Samens von den kleinen unausgebildeten Körnern, sowie der Reinheit des Samens noch viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt; möge man doch bedenken, dass nur aus kräftigem Samen kräftige Pflanzen werden können![1])

Eine weitere Bedingung zum Keimen ist die Gegenwart der Luft. Ihr Einfluss beruht, wie sich das bei Besprechung der Erscheinungen während des Keimens ergeben wird, auf der Zufuhr von Sauerstoff, dessen der Same zum Keimen bedarf, denn kein Same kann sich ohne Gegenwart von Sauerstoff entwickeln.

Ein richtiges Maass von Feuchtigkeit ist dritte wesentliche Bedingung des Keimens. Zu viel Feuchtigkeit schadet ebenso wie zu grosse Trockenheit, denn im ersteren Falle fault der Same, im letzteren keimt er langsam, unvollkommen oder gar nicht. Es ist allbekannt, wie günstig ein unmittelbar auf die Saat folgender Regen und wie nachtheilig anhaltende Trockenheit wirkt. Der Landwirth hat demnach bei der Wahl der Saatzeit auch den Feuchtigkeitsgrad des Bodens wohl zu berücksichtigen. Wegen des nöthigen Luftzutrittes und der erforderlichen Feuchtigkeit gelangen die Samen nur in einer bestimmten Tiefe im Boden noch zum Keimen. So brachte z. B. Hoffmann die Samen verschiedener Culturpflanzen in Tiefen von 8—32 Ctm. im Monate Mai in den Boden; es ergab sich, dass im September aufgegangen waren bei:

1) Grosse Verdienste um die Samenkunde und um solides Gebahren beim Samenhandel hat sich Fr. Nobbe erworben, dessen Werk „Handbuch der Samenkunde“ 1876 hiermit bestens empfohlen sei. Man vergleiche ferner: Marek, das Saatgut und dessen Einfluss auf Menge und Güte der Ernte. Wien 1875.

31,6 Ctm.	26,3 Ctm.	21,1 Ctm.	15,8 Ctm.	10,5 Ctm.	7,9 Ctm.
Nichts	Erbsen, Wicke, Bohne, Mais	die vorigen und Weizen, Hirse, Hafer, Gerste, Raps, durchaus sehr schwach	die vorigen und Winterraps, Buchweizen und Zuckerrübe, beide letzteren sehr unvollkommen	die vorigen und Senf, Roth- und Weissklee, Lein, Oelrettig, Hanf, weisse Rübe, beide letzteren sehr unvollkommen	die vorigen und Luzerne

Beachtenswerth und durch die grössere Feuchtigkeit erklärt ist es, dass bei sehr vielen Samen die jungen Pflänzchen von tiefer gelegten Samen früher hervorkommen, als solche von flach gelegten; so kam bei Weizen die Pflanze bei 2,6 Ctm. tief gelegtem Samen früher zum Vorschein, als bei 1,3 Ctm. Die Pflänzchen bei dem 6,6 Ctm. tief gelegten Samen der Gerste kamen am raschesten hervor und zeichneten sich 14 Tage nach der Pflanzzeit durch den schönsten Stand aus. Es ist daher rathsam, namentlich in trockenen Jahren, den Samen nicht zu flach in die Erde zu bringen.[1])

Als eine der wichtigsten Bedingungen des Keimens erscheint endlich die Temperatur. Man kann annehmen, dass mit einzelnen unwesentlichen Ausnahmen kein Samen unter einer Temperatur von weniger als + 5 Grad C. normal keimt, über diese Temperatur hinaus wird die Keimung bis zu einer gewissen Grenze beschleunigt; so keimte, nach Edward und Collin, Getreide in Schweden am 30. April gesäet, in 16—18 Tagen, am 22. Mai in 8—9 Tagen, am 4. Juni in 6—7 Tagen. Haberlandt stellte mit den wichtigsten Samen in dieser Beziehung Versuche an, aus denen sich ergibt, dass die meisten unserer Culturpflanzen, mit Ausnahme von Zuckermoorhirse, Mais, Hirse, Bohnen und Tabak, schon bei etwa 5°, bei 12° aber alle zum Keimen gelangen. Sachs fand folgende Grenzen für die Keimungstemperaturen:

für	die untere Grenze bei	das Optimum bei	die obere Grenze bei
Triticum vulgare	5° C.	28,7° C.	42,5° C.
Hordeum vulgare	5° „	28,7° „	37,7° „
Cucurbita Pepo	13,7° „	33,7° „	46,2° „
Phaseolus multiflorus	9,5° „	33,7° „	46,2° „
Zea Mays	9,5° „	33,7° „	46,2° „

1) Die Moqui-Indianer bringen, wie Johnson berichtet, entsprechend der Beschaffenheit ihres Bodens, die Maiskörner 31—37 Ctm. tief in die Erde.

Neuere Versuche Haberlandt's ergaben, dass bei einer Temperatur zwischen 0 und 1° C. gar nicht zur Keimung gelangen: Weizen, Gerste, Hafer, französisches und englisches Raygras, Buchweizen, Runkelrübe, Raps, Rübsen, Stoppelrübe, Mohn, Lein, Spörgel, Weissklee, Bohnen; über die ersten Stadien des Keimens vermochten nicht hinauszukommen: Roggen, Hanf, Wicke und Erbse; dagegen zeigten ein fortdauerndes Längenwachsthum der Würzelchen: Senf, Leindotter, Bastardklee, Rothklee und Luzerne. Es geht bis zu einer bestimmten Grenze die Keimung, je höher die Temperatur ist, desto rascher vor sich, es ist deshalb anzurathen, nicht früher zu säen, bis die Temperatur um 4—5° höher gestiegen ist, als die niedrigste Keimungstemperatur. Uebrigens nimmt die Energie des Wachsthums der Keimtheile nicht regelmässig mit steigender Temperatur zu. So fand z. B. Coppen in je 48 Stunden die folgenden Wurzellängen:

bei	von Lupinus albus	von Zea Mays
14,1° C.	9,1 Mm.	— Mm.
18,0° „	11,6 „	1,1 „
23,5° „	31,0 „	10,8 „
26,6° „	54,1 „	29,6 „
28,5° „	50,1 „	26,5 „
30,2° „	43,8 „	64,6 „
33,5° „	14,2 „	69,5 „
36,5° „	12,6 „	20,7 „

Die Temperaturen aber, bei denen die Samen nicht mehr keimen (+ 38 bis 46°), sind so hoch, dass sie für den Landwirth gar nicht in Betracht kommen. Uebrigens kann man nach Wiessner die Samen von Schwarzföhre, Fichte und Lerche bis 70° C. erhitzen, ohne dass sie ihre Keimfähigkeit verlieren. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die unteren und oberen Temperaturgrenzen, zwischen welchen die Keimung vor sich geht, um so weiter aus einander liegen, je grössere Verbreitung die betreffende Pflanze besitzt. Die Möglichkeit des Keimens unserer Culturpflanzen liegt demnach zwischen sehr weiten Grenzen.

Die Samen keimen bei Lichtabschluss schneller und vollkommener, als unter dem Einflusse des Lichtes, welches erst nothwendig wird, wenn das junge Pflänzchen über die Oberfläche des Bodens getreten, also die Keimung vollendet ist. Hierauf beruht die Anwendung von dunkel gehaltenen Räumen zur Malzbereitung. Kartoffeln keimen nicht, wenn man dieselben in lichten Räumen aufbewahrt.

Die Zeit vom Einlegen des Samens bis zum Keimen ist bei einer Bodentemperatur von 12—15° C. und einer Lufttemperatur

von 15—20° C. bei weissen Rüben, Raps, Rüben, Buchweizen und Leindotter 4—5 Tage; bei Hirse, Lein, Mohn und Senf 5—6 Tage; bei Raygras 6—11 Tage; bei Linsen 6—7 Tage; bei Lupinen, Spörgel und Roggen 7—8 Tage; bei Mais, Zuckerhirse, Timotheegras, Feldbohnen, Runkelrüben, Erbsen und Weizen 8—9 Tage; bei Wiesen- und Schafschwingel 9—10 Tage; bei Kümmel, Cichorien, Wicken, Fioringras, Seradella, Hanf und Tabak 10—11 Tage; bei rothem und weissem Klee und Luzerne 14—15 Tage.

Die Zeit bis zur Vollendung des Keimens schwankt mit der Temperatur viel mehr, als die bis zum Beginn. Sie beträgt z. B. nach Sachs

bei 5 bis 13° für Weizen und Gerste 40 bis 45 Tage
„ 35 „ 38° „ „ „ „ 10 „ 12 „

Kleinere Samen vollenden bei gleicher Temperatur die Keimung schneller als grosse.

Die Fähigkeit des Samens, unter günstigen Verhältnissen sich zur Pflanze zu entwickeln, seine „Keimkraft", ist bei den Samenarten von sehr verschiedener Dauer. Leider liegen hierüber noch viel zu wenig Versuche vor und selbst das Wenige, was sich verzeichnet findet, ist unsicher. So beruht z. B. die selbst in den neuesten Schriften colportirte Geschichte von den Weizenkörnern, welche man vorgeblich bei ägyptischen Mumien gefunden und die nach 3000jähriger Ruhe zum Keimen gebracht worden sein sollen, auf einer blossen Mystification; wie sich später herausstellte, waren die Reisenden durch ägyptische Führer getäuscht worden. Die Bestimmung, wie lange ein Same seine Keimfähigkeit behalte, ist aber für den Landwirth von hoher Wichtigkeit. Haberlandt gibt das Resultat seiner Versuche mit Körnerfrüchten in nachfolgend mitgetheilter Uebersicht, in welcher die Jahreszahlen sich auf die Erntejahre beziehen. Das Versuchsjahr war 1860.

Bezeichnung der Fruchtarten.	Es haben gekeimt von 100 Körnern							
	1850	1851	1854	1855	1857	1858	1859	1860
Weizen . . .	—	—	8	4	73	60	84	96
Roggen . . .	—	—	—	—	—	—	48	100
Hafer	—	—	24	—	48	33	92	89
Gerste	60	—	56	48	72	32	80	96
Mais	—	—	76	56	—	77	100	97

Wir sehen aus dieser Tabelle, dass, je jünger die Samen unserer Getreidearten sind, um so zahlreicher ihr Keimen erfolgt; am frühesten verliert Roggen seine Keimfähigkeit, am längsten bewahrt sie der Hafer.

Eine Reihe neuerer, von Dimitriewicz im Haberlandt'schen Laboratorium angestellter Beobachtungen ergab, dass durch die längere Dauer der Aufbewahrung die Keimfähigkeit am meisten beeinträchtigt wurde beim Lauch, Spinat, Gartensalat, Raps, Kümmel und der Möhre. Günstiger stellte sich die Erhaltung der Keimfähigkeit bei der Rispenhirse, Hanf, Kürbis, Gurken, Sonnenblumen, Paradiesapfel, Tabak, Senf, Lein, Luzerne und Fisole; am günstigsten war das Ergebniss bei der Runkelrübe und Melone, denn von der Runkelrübe keimten nach 12 Jahren noch 56% und von der Melone nach 11 Jahren 93%.

Für die Keimfähigkeit ist es ferner keineswegs gleichgiltig, zu welcher Jahreszeit der Samen in die Erde gebracht wird, denn abgesehen davon, dass die Saatzeit so gewählt sein muss, dass die klimatischen Verhältnisse die Entwickelung der Pflanze befördern, gibt es Samen, die nur in einer bestimmten Jahreszeit keimen; z. B. keimen die Samen der meisten Bäume in unseren Klimaten nur im Frühjahre, während den Getreidearten ein weiterer Zeitraum verliehen ist.

Des Landwirthes Aufgabe ist es, die Keimkraft der Samen nicht nur zu erhalten, sondern auch zu befördern. Um die Keimkraft der Samen lange zu erhalten, können natürlich nur solche Mittel dienen, welche den Bedingungen der Keimung hinderlich sind, also möglichst niedrige Temperatur, Trockenheit und Abschluss der Luft. Es beruht hierauf die Anlegung der Silos und Germoirs der Franzosen und Matomoren der Marokkaner, es sind dies mit trockenem Sande ausgelegte und gedeckte Gruben zur Aufbewahrung des Getreides.

Die Mittel zur Beschleunigung des Keimens beruhen auf der Anwendung von Stoffen, welche die Umwandlung, denen die Bestandtheile im Samen beim Keimen unterliegen, fördern: Erweichung der Samenhülle, der stickstoffhaltigen Stoffe u. s. w. Solche Mittel sind verdünnte Säuren (Salzsäure, Chlorwasser) oder verdünnte alkalische Flüssigkeiten (Kalkwasser). Weicht man den Samen in etwas mit Salzsäure oder mit Chlorgas gemischtem Wasser durch sechs bis zehn Stunden, so gelangt der Same ziemlich um die Hälfte der Zeit früher zum Keimen als gewöhnlich. Aehnlich wirkt das Beizen des Samens in verdünnter Kali- und Natronlauge oder in mit gebranntem Kalk gemischtem Wasser, in welchem man einige Stunden vor dem Anbau den Samen ein bis zwei Stunden lang erweichen und nach dem Herausnehmen bis zum Anbau auf Haufen liegen lässt. Dieses Beizen bewirkt besonders beim Weizen zugleich eine Reinigung des Samens vom Brandpilz.

Gänzlich vernichtet wird die Keimkraft durch Temperaturen,

die eine Veränderung der Samenbestandtheile selbst verursachen. Sie wird ferner vernichtet durch zu concentrirte Anwendung mancher sonst nützlicher Stoffe. Nach E. Wolff wird die Keimkraft der Gersten- und Wickenkörner alterirt durch

	Beginn des nachtheiligen Einflusses auf den Keim:	Gänzliche Zerstörung des Keimes:
Kochsalz zwischen .	0,52 % im Boden und	1,04 % im Boden
Salmiak	0,48 „ „ „ „	1,02 „ „ „
kohlens. Ammoniak .	0,58 „ „ „ „	1,36 „ „ „
salpeters. Natron . .	0,72 „ „ „ „	1,40 „ „ „
salpeters. Kali . . .	0,95 „ „ „ „	1,70 „ „ „
kohlens. Kali . . .	0,98 „ „ „ „	1,18 „ „ „
schwefels. Ammoniak.	1,14 „ „ „	—
phosphors. Kali . .	1,94 „ „ „	—
schwefels. Magnesia .	2,18 „ „ „	—

Die Erscheinungen beim Keimen beginnen damit, dass die Samenschale von Feuchtigkeit durchdrungen wird und aufquillt, wodurch schon eine Veränderung in der Gestalt (Volumenvergrösserung) des Samens eintritt.

Dimitriewicz fand folgende Verhältnisse:

	Dauer der Quellung in Stunden			
	6 Stunden		24 Stunden	
	Volumenzunahme in %	Gewichtszunahme in %	Volumenzunahme in %	Gewichtszunahme in %
Rothklee bei 0°	81,2	60,0	131,2	107,0
„ „ 10°	87,5	68,2	137,5	109,2
„ „ 15°	131,2	100,2	137,5	111,5
„ „ 35°	156,2	118,7	156,2	120,0
Kichererbsen 0°	73,5	60,0	133,3	91,6
„ „ 15°	106,6	75,0	133,3	101,5
„ „ 35°	133,3	97,5	133,5	101,5

Raps zeigte eine geringe Zunahme. Nach Ekkert wird während einer dreitägigen Einquellung von den Hülsenfrüchten, obenan dem Luzernensamen, das meiste Wasser aufgenommen. Von den Getreidearten war der Roggen am quellungsfähigsten, am wenigsten Wasser nahmen Mais und Buchweizen auf. Von öligen Samen nahmen Rübsen und Hanf etwas über die Hälfte ihres Gewichtes an Wasser auf. Die verschiedene Quellungsfähigkeit und die Quellungsunfähigkeit einzelner Samen wird jedenfalls durch die Beschaffenheit der Testa bedingt.

Nach Hoffmann's Bestimmungen nahmen in lufttrockenem Zustande auf:

	Procent Wasser		Procent Wasser
Weizen . . .	45,555	Saubohne . .	104,022
Gerste . . .	48,180	Wicke . . .	75,374
Roggen . . .	57,690	Mohn	91,000
Hafer	59,800	Raps	51,000
Buchweizen . .	46,860	Oelrettig . . .	8,000
Mais	44,044	Leindotter . .	60,000
Hirse	25,000	Hanf	43,891
Linse	93,399	Sonnenblume .	56,500
Erbse	106,813	Weisse Rübe .	62,500
Weisse Bohne .	96,060	Zuckerrübe . .	120,520

Wie viel Wasser Samen aus einer mit Wasser gesättigten Atmosphäre absorbiren können, hat Haberlandt bestimmt; er fand:

	Gewichtszunahme in Procenten			
	nach 1	7	31	41 Tagen
Weizen	2,96	16,05	21,3	16,87
Roggen	4,22	16,32	18,35	1,37 (?)
Gerste	2,21	14,44	22,15	16,96
Hafer	2,64	12,77	16,48	14,60
Mais	1,49	10,74	15,50	13,34

Die Zahlen führen zu dem Schluss, dass die Samen zur Keimung tropfbar flüssigen Wassers benöthigen; auch stellte sich bei den Versuchen heraus, dass die Samen bei längerem Aufenthalte in einer mit Wasser gesättigten Atmosphäre eine wesentliche Einbusse an ihrer Keimfähigkeit erlitten.

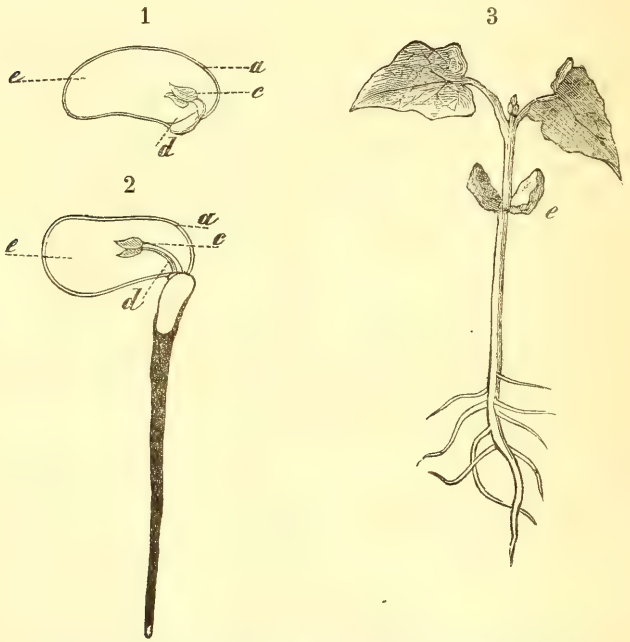
Bei Versuchen, welche Zöbl über die Dauer der Keimfähigkeit von in Wasser gelegtem Samen anstellte, fand er, dass die Keimfähigkeit der meisten von ihm angewandten Samen auch nach der ziemlich langen Zeit von 28 Tagen zum Theil noch erhalten blieb, dass selbst Rübensamen nach einer Quelldauer von 69 Tagen nahezu noch zur Hälfte keimte, dass dagegen Gerste schon binnen 6, Roggen binnen 9 bis 13 Tagen ihre Keimfähigkeit eingebüsst hatten.[1])

Die eindringende Feuchtigkeit leitet zugleich die verschiedenen chemischen Processe ein, die innerhalb des keimenden Samens vor sich gehen. Die Veränderungen, die nun folgen, beziehen sich theils auf die Form und Gestalt des Samens und Keimlings, theils auf deren chemische Constitution. Die Gestaltsveränderungen sind

1) Den schädlichen Einfluss eines zu langen Quellens auf die Keimfähigkeit der Gerste, besonders bei höheren Temperaturen, wies auch Hermannauz (Centralbl. f. Agr. 1876. Nov. S. 358) nach. Bei 17° keimten nach 228stündigem Quellen nur noch 0,4%.

folgende: Der sich ausdehnende Keim zersprengt die Samenschale; das Stengelchen, als erste Stengelanlage, und das Würzelchen, das bald Nebenwurzeln treibt, treten hervor, und zwar dringen, der Same mag liegen wie er will, die Würzelchen immer nach unten, dem Boden, und das Stengelchen dem Lichte zu, stets nach oben; die Keimblätter sterben ab, sobald das Pflänzchen sich selbständig ernähren kann.

Nachstehende Figuren versinnlichen den Vorgang beim Keimen der Bohne in drei verschiedenen Entwickelungsperioden bis zum Entfalten der ersten Blätter.



1. Ursprünglicher Same der Bohnen, 24 Stunden im Wasser geweicht.
2. Bohnensame während des Keimens: *a* Samenschale. *c* Stengelchen. *d* Würzelchen. *e* Samenlappen.
3. Junges Pflänzchen: *e* abgestorbene Samenlappen.

Mit der Gestaltveränderung halten die meist sehr complicirten chemischen Veränderungen der Keimung gleichen Schritt.

Durch das aufgenommene Wasser werden die löslichen Samenbestandtheile gelöst, andere Bestandtheile aufgequellt. Der Sauer-

stoff und das Wasser veranlassen zugleich eine Reihe von chemischen Veränderungen der Samenbestandtheile, es geht in Folge der Sauerstoffaufnahme[1]) ein Oxydationsprocess unter Freiwerden von Wärme, Entwicklung von Wasser und Kohlensäure und wahrscheinlich auch von anderen Gasen vor sich. Mit den beginnenden chemischen Veränderungen im Samen tritt ein stetiger Gewichtsverlust an Samensubstanz ein. Nach Schleiden betrug der Gewichtsverlust bei der Pferdebohne in 16 Tagen 23 %, bei der Gerste nach 8 Tagen 68 %, bei der Erbse nach 18 Tagen 24 %, bei der Wicke nach 18 Tagen 17 % der wasserfreien Samenmasse.

Sachsse erhielt bei keimenden Erbsen folgende Kohlensäuremengen:

Angewendet 27 Erbsen = 6,7397 Grm. = 5,8258 Grm. Trockensubstanz.

	Grm.
CO_2 gebildet in 46 Stunden	0,0426
„ „ „ ferneren 24 Stunden .	0,0576
„ „ „ „ 24 „ .	0,1102
„ „ „ „ 20 „ .	0,0739
„ „ „ „ 24 „ .	0,0915
„ „ „ „ 10 „ .	0,0401
„ „ „ „ 38 „ .	0,1806

Bei Untersuchungen über die Quantitäten der durch die Bildung von Kohlensäure und Wasseraufnahme frei werdenden Wärme erhielt Wiessner, als er 250 Grm. Gerste in einem Mousselinbeutel keimen liess, folgende Temperaturen:

Zeit.	Lufttemperatur.	Temperatur der keimenden Samen.
16. Juni 3 Uhr Nachm.	18,1 ° C.	18,1 ° C.
16. „ 4 „ „	18,2 „	18,2 „
16. „ 5 „ „	18,1 „	18,2 „
16. „ 6 „ „	17,5 „	17,9 „
16. „ 8 „ Abends	18,3 „	18,9 „
17. „ 7 „ Morgens	18,6 „	19,0 „
18. „ 8 „ Vorm.	19,2 „	21,5 „
19. „ 8 „ „	20,5 „	23,5 „
19. „ 10½ „ „	21,0 „	24,1 „
19. „ 10 „ Abends	19,8 „	24,5 „
20. „ 2 „ Nachm.	21,1 „	23,1 „

1) In reinem Sauerstoffgas geht, nach Böhm und Bert. die Keimung nicht über das erste Stadium hinaus fort. Abweichende Resultate erhielt neuerdings

Stickstoff scheint weder in freier Form noch als flüchtige Stickstoffverbindung bei der Keimung ausgeschieden zu werden, als Ammoniak höchstens in sehr geringer Menge.

Je nach der chemischen Zusammensetzung des Samens sind auch die chemischen Processe etwas verschieden. Das Endresultat derselben scheint aber immer das Löslichwerden, „die diffusible Form", der meisten Samenbestandtheile zu sein. Es hat dieses Löslichwerden den Zweck, der jungen Pflanze die nöthigen Nahrungsstoffe in Form des vegetabilischen Nahrungssaftes zu bieten. Bei Stärkemehl ist ein Löslichwerden durch vielfache Versuche nachgewiesen.

Bei Oelsamen, in denen das Oel das Stärkemehl zu ersetzen scheint, zersetzt oder spaltet sich das Oel sehr bald und es entstehen andere Stoffe, z. B. Stärke, Gummi, Zucker, Zellstoff. Ueberhaupt findet eine rapide Zellstoffzunahme in den Keimpflanzen statt.

An den chemischen Umänderungen im Samen haben aber auch die stickstoffhaltigen Stoffe einen wesentlichen Antheil. Sie werden entweder in solche fermentartige Stoffe (Maltin, „Diastase") umgewandelt, welche das Vermögen besitzen, Stärkemehl in Dextrin und Zucker zu spalten, oder in peptonbildende Fermente, wie solche Gorup-Besanez in Wickenkeimen gefunden hat, die unlösliche und schwer diffundirende Albuminate in lösliche und gut diffundirende Peptone verwandeln, oder sie gehen in amidartige, leicht diffusible Körper, wie Asparagin, Leucin und Tyrosin über, welche unter Umständen wieder zu Albuminaten regenerirt werden können. Uebrigens zeigen sich auch da mannigfache Verschiedenheiten, so entsteht z. B. nach Mercadante in den Gramineensamen kein Leucin und Tyrosin, deren Auftreten in keimendem Samen der Leguminosen wiederholt beobachtet wurde.

Der Schwefel der zersetzten Eiweissstoffe scheint in Schwefelsäure überzugehen.

Um ein Bild der chemischen Veränderungen im Samen in Folge des Keimprocesses zu geben, seien einige Untersuchungen Detmer's an keimendem Mais citirt.

Die procentische Zusammensetzung der Samen und der Keimungsproducte gestaltet sich wie folgt:

Rischawi (Landw. Versuchsst. 1876. Bd. XIX. Nr. 5 S. 339), der aus seinen Versuchen folgert, dass die grössere Menge Sauerstoffs in der Umgebung der Pflanze den Athmungsprocess wie bei niedriger so auch bei höherer Temperatur nicht beeinflusst.

	(100 Grm.) Samen	(90,99 Grm.) Keimungsproducte bei Abschluss des Lichtes nach 7 Tagen	(60,19 Grm.) Keimungsproducte nach 4 Wochen
Fett	5,46	6,42	5,20
Zucker	Spur	6,00	2,91
Dextrin	1,99	1,10	6,92
Stärke	73,29	62,66	27,31
Proteïn	10,69	11,13	14,69
Asparagin . . .	—	—	1,11
Rohfaser . . .	1,73	3,53	10,25
Asche	1,50	1,83	2,84
Unbest. Stoffe . .	5,34	7,33	28,77
	100,00	100,00	100,00

Der absolute Verlust und Gewinn der Keimungsproducte an organischen Bestandtheilen ist nachstehender:

	100 Gr. Samen enthielten	Die nach Periode 1 rückständigen 90,99 Gramm enthielten	Differenz zwischen 1 und 2	Die nach Periode 2 rückständigen 60,19 Gramm enthielten	Differenz zwischen 2 und 4
Fett	5,46	5,84	+ 0,38	3,13	— 2,71
Zucker	Spur	5,46	+ 5,46	1,75	— 3,71
Dextrin	1,99	1,00	— 0,99	4,16	+ 3,16
Stärke	73,29	57,01	— 16,28	16,43	— 40,58
Proteïn	10,69	10,14	— 0,55	8,84	— 1,30
Asparagin	—	—	—	0,67	+ 0,67
Rohfaser	1,73	3,21	+ 1,48	6,17	+ 2,96
Asche	1,50	1,67	+ 0,17	1,71	+ 0,10
Unbestimmte Stoffe .	5,34	6,66	+ 1,32	17,30	+ 10,64

Aehnliche Resultate erhielten Urich, Schulze und Umlauft bei ihren Untersuchungen über die Keimung der gelben Lupine (Landw. Jahrb. v. Nathusius u. Thiel. 1876. V. Bd. S. 863).

3. Die Periode des Wachsens.

Hat sich das junge aus dem Keime entstandene Pflänzchen so weit entwickelt, dass es seine Nahrung selbstständig aus der Luft und dem Boden aufnehmen kann, so ist es in die Periode des Wachsens getreten.

Vergleicht man das Wachsen der Thiere mit dem der Pflanzen, so findet man den wesentlichen Unterschied, dass bei den Thieren das Wachsen sehr bald begrenzt wird, bei den Pflanzen

hingegen bis zu ihrem Absterben fortdauert. Das ausgewachsene Thier nimmt nur Stoffe (Nahrung) von Aussen auf, um die vom Körper verbrauchten Stoffe wieder zu ersetzen und ihm die nöthige Kraft zu erhalten, während die Pflanze der aufgenommenen Stoffe nicht zum Ersatze oder zur Erhaltung, sondern zu Nachbildungen, zum weiteren Wachsthum benöthigt. Man hat es in dieser Periode demnach mit einer Stoffbildung und Stoffansammlung zu thun, und findet daher auch, dass die Pflanze von ihrer ersten Entwickelung an, sobald sie sich selbstständig ernähren kann, bis zu ihrem Ende an Gewicht und Volumen zunimmt. Die Stoffansammlung in der Pflanze setzt also, da letztere keine Nahrung mehr aus dem Keime bezieht, eine Stoffaufnahme von Aussen voraus. Aber diese von Aussen aufgenommenen Stoffe sind der Form nach nicht dieselben, wie wir sie in der Pflanze finden; während z. B. die Pflanze Kohlensäure und Ammoniak aufnimmt, findet man beide Stoffe im Allgemeinen nicht in der Pflanze, sondern nur ihre Elemente: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, und zwar zu zweien, dreien, vieren vereint als verschiedene organische Bestandtheile. Nach der Stoffaufnahme muss demnach eine Stoffumwandlung (Assimilirung) stattfinden.

Aber auch hiemit ist die Bildung neuer Pflanzentheile nicht beendigt, denn es fehlt den Stoffen noch die Form. Der Stoff muss „organisirt“ werden; die Formbildung wird durch den Lebensprocess bedingt. So bildet der Zellstoff (S. 252) in organisirter Form die Pflanzenzellen oder als Aggregat vieler Zellen ein bestimmtes Pflanzengewebe. Es müssen sich also aus dem Zellstoff Zellen bilden, die Stärke, Albuminate und andere Stoffe zum Theil wieder in organisirter Form eingeschlossen enthalten.

A. Art, Quelle und Form der Pflanzen-Nährstoffe.

Die Stoffe, welche die Pflanze aufnehmen muss, wenn sie bestehen und sich fortentwickeln soll, bezeichnet man als deren Nahrungsstoffe. Welche Stoffe sind dies? Um diese Frage beantworten zu können, muss zunächst an die Stoffe erinnert werden, aus denen eine Pflanze besteht. S. 218 wurden bereits die Aschen- (anorganischen) Bestandtheile: nämlich Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Eisen- und Manganoxyd, Thonerde, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Chlor und zuweilen auch Jod und Brom, ferner S. 235 die organischen, meist aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, und zuweilen aus Phosphor und Schwefel bestehend, aufgeführt.

Halten wir uns nun an den von Jablonsky, de Saussure, Berthier, Daubeny, Wiegmann, Polsdorf u. A. nachgewiesenen Satz: „dass der lebende Organismus nichts enthält, was nicht den Elementarbestandtheilen nach von Aussen aufgenommen wurde", so sind als Nahrungsstoffe der Pflanzen jene eben genannten Substanzen anzusehen, deren Nothwendigkeit für das Pflanzenleben der Mehrzahl nach durch directe Versuche bestätigt ist.

Die Stoffe, welche den Pflanzen als Nahrung dienen, werden mit wenigen Ausnahmen denselben von der Natur überall dargeboten; daraus erklärt sich auch, dass die Erde fast allenthalben mit einer so reichen Pflanzendecke bekleidet erscheint, die sich uns hier als Blumenflor, dort als Urwald, bald als Wiesenteppich und bald als Haideland zeigt.

Quelle und Form der Pflanzen-Nährstoffe mögen in Folgendem kurz erläutert werden.

Der Kohlenstoff bildet die Hauptmasse der Pflanze und wird ihr unzweifelhaft in grösster Menge durch die Kohlensäure der Luft, aus welcher diese von den Blättern aufgenommen wird, geboten. Wie später noch ausgeführt werden wird, ist die Kohlensäure der Luft und nicht die des Bodens Hauptquelle des Kohlenstoffes, obwohl die Wurzeln mit der Bodenflüssigkeit ebenfalls Kohlensäure aufzunehmen im Stande sind.

Aus vorhandenen Berechnungen kann man folgern, dass die jährlich auf Erden sich durch verschiedene Processe bildende Kohlensäure den jährlichen Bedarf der Vegetation an Kohlenstoff zu decken im Stande ist.

Wasserstoff wird den Pflanzen in übergrosser Menge durch das Wasser geboten, das von den Wurzeln aufgenommen wird und so in die Pflanze gelangt. Wasserstoff wird den Pflanzen auch durch das Ammoniak zugeführt.

Sauerstoff, welcher neben dem Kohlenstoff in grösster Menge in den Pflanzen enthalten ist, wird ihnen durch Kohlensäure und Wasser, welche beide Sauerstoff enthalten, in überreicher Menge vermittelt.

Stickstoff, wenn auch in geringerer Menge als die drei vorgenannten Stoffe in den Pflanzen vorhanden, ist nichts desto weniger ein ungemein wichtiger Bestandtheil, da er es ist, der durch seine Verbindungen die Pflanze zur Bildung von stickstoffhaltigen Pflanzensubstanzen (Eiweissstoffen S. 259), die zur thierischen Nahrung dienen, befähigt. Er hat seine allgemeinste und verbreitetste Quelle im Ammoniak und zwar in dessen flüchtigen (kohlensaures Ammoniak) und löslichen (Chlorammonium, salpeter-

saures, schwefelsaures Ammoniak u. s. w.) Salzen. Eine weitere, oft sogar die alleinige Quelle des Stickstoffs für die Pflanzen ist die Salpetersäure, welche sich, an Ammoniak gebunden, in der Luft findet, vor Allem aber durch den Salpeterbildungsprocess im Boden entsteht. Der freie Stickstoff der Luft wird von den Pflanzen nicht direct aufgenommen, wie sich aus Versuchen (Saussure, Boussingault) folgern lässt[1]); indessen darf angenommen werden (Schönbein), dass er theilweise indirect den Pflanzen zu gute kommt, indem ein Theil der Salpetersäure der Luft sich aus dem Stickstoff derselben durch Einfluss des Ozons bildet. Die Menge der auf diese Art gebotenen Salpetersäure kann nicht sehr bedeutend sein, bleibt jedoch jedenfalls beachtenswerth.[2])

Nach dem Mitgetheilten sind also Wasser, Ammoniak, Salpetersäure und Kohlensäure als jene Verbindungsformen anzusehen, in denen den Pflanzen die zum Aufbau der organischen Substanzen nöthigen Elementarbestandtheile: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff geliefert werden.

In welchen löslichen Verbindungen die anorganischen Oxyde: Kali, Magnesia, Kalkerde, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Kieselsäure, Schwefelsäure am besten in die Pflanze gelangen, lässt sich, ohne nach Hypothesen zu haschen, nicht mit Bestimmtheit, zum wenigsten nicht für jeden dieser Mineralstoffe angeben, denn die zahllosen Versuche hierüber liefern nur spärlichen Anhalt. So fand z. B. Nobbe, dass Chlorkalium für Buchweizen die beste Form sei, nächstdem das salpetersaure Kali; ungünstig aber schwefelsaures und phosphorsaures Kali.

Als Formen, in welchen diese Stoffe wahrscheinlich aufgenommen werden, wurden schon früher bezeichnet: Salpetersaures Kali, salpetersaures Ammoniak, salpetersaurer Kalk, phosphorsaures Kali, phosphorsaures Natron, phosphorsaure Magnesia, kohlensaurer Kalk, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Eisenoxyd (letztere vier durch kohlensäurehaltiges Wasser oder gewisse Salzlösungen gelöst), schwefelsaures Kali, schwefelsaures Ammoniak, schwefelsaure Magnesia, schwefelsaurer Kalk, kieselsaures Kali, Chlorkalium. Kohlen-

1) Dagegen hat Berthelot (Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1876. Bd. IX. S. 1609) sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Pflanzen in ähnlicher Weise wie z. B. Dextrin und Filtrirpapier in Folge der Spannungen der atmosphärischen Elektricität Stickstoff absorbiren.

2) Wie neuere Versuche erwiesen haben, können manche Pflanzen auch gewisse stickstoffhaltige organische Verbindungen, z. B. Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure u. s. w. als solche aufnehmen. Die sogenannten „fleischfressenden Pflanzen“ (Drosera, Nepenthes etc.) vermögen sogar Eiweiss, Fleisch u. s. w. zu verdauen. Nach Blociszewsky nehmen Roggen- und Erbsen-Embryonen nicht nur künstlich zugeführte Stärke und Zucker auf, sondern auch Asparagin.

saures Kali scheint wegen seiner alkalischen Reaction schädlich auf die Pflanzenwurzeln zu wirken. Eisen wirkt als Oxydulverbindung ebenfalls schädlich.

Die Hauptquelle dieser anorganischen Stoffe ist, wie früher erläutert wurde, der Boden, in welchem sie durch den Verwitterungsprocess aufnahmsfähig gemacht werden.

B. Das Bildungsleben.

a. Die Aufnahme und Wanderung der Nährstoffe.

Es fragt sich nun: auf welche Art gelangen diese Nährstoffe in die Pflanze, welche ja keine nach Aussen geöffnete Organe zur Aufnahme fester und flüssiger Nahrungsmittel zeigt? Ebenso wenig ist die Pflanze mit einem Magen versehen, der die aufgenommenen Stoffe verarbeiten könnte. Wir folgern daher, dass, weil die Pflanze weder Organe zur Verarbeitung der Nahrung noch eine Oeffnung zur Aufnahme besitzt, sie ihre Nahrung schon in fertig-zubereitetem Zustande, sei es in gelöster oder in gasartiger Form erhalten müsse, damit sie, die Zellenwände durchdringend, in die Pflanze gelangen könne.

Die Art der Aufnahme von Pflanzennahrung ist eine Frage, deren Lösung die hervorragendsten Forscher seit lange beschäftigt; die Ergebnisse der bisherigen Forschungen lassen sich in Folgendem zusammenfassen.

Das Wie? der Aufnahme und Ausscheidung gasförmiger Stoffe ist ziemlich genau bekannt. Die vielseitigen Untersuchungen seit Priestley (1773) und Senebier, welche zuerst die Aufnahme von Kohlensäure und die Ausscheiduug von Sauerstoff aus den Pflanzen beobachteten, führten zu folgenden Thatsachen: Bei Lichtabschluss (Nacht) wird von den blattartigen Organen der Pflanzen Kohlensäure abgegeben (exhalirt), daher auch die Zimmerluft bei Nacht durch viele Pflanzen ungesund wird. Bei Licht findet aber eine Aufnahme (Absorption) von Kohlensäure und eine Zersetzung derselben durch Assimilation von Kohlenstoff und Ausscheidung von Sauerstoff statt.[1]) Nach Boussingault's Untersuchungen erlangen die bei Lichtabschluss gezogenen Pflanzen niemals die Fähigkeit, die Kohlensäure zu zerlegen. Verminderung des Luftdruckes befördert die Kohlensäurezersetzung. Uebrigens geht eine Aufnahme von Kohlensäure neben der von Wasser auch mittelst der Wurzeln

1) Alle Pflanzen benöthigen übrigens zu ihrer Athmung, d. h. zu ihrem Leben, des gasförmigen Sauerstoffs, gerade wie die Thiere. Wird der Sauerstoff

vor sich. Es ist noch unbestimmt, ob der ausgeschiedene Sauerstoff von zersetzter Kohlensäure oder von zersetztem, durch die Wurzeln aufgenommenem Wasser abstamme, wir haben nur festzustellen, dass gewisse Pflanzentheile (Blätter, Wurzeln) das Vermögen besitzen, Kohlensäure und Wasser aufzunehmen und bei Licht unter Bildung von kohlenstoff-, wasserstoff- und sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen Sauerstoff auszuscheiden. Die Menge der während der Nacht ausgeschiedenen Kohlensäure ist viel geringer, als die bei Licht aufgenommene, und die Quantität des bei Licht ausgeschiedenen Sauerstoffes entspricht nicht der Menge des durch die Kohlensäure aufgenommenen Sauerstoffes, $^1/_3$ bis $^1/_5$ desselben bleibt in der Pflanze zurück. Die Menge der bei Licht aufgenommenen Kohlensäure ist eine sehr bedeutende. Es absorbirte nach Versuchen von Corenwinder in einer Stunde

Rapspflanze	166	Cubik-Centimeter Kohlensäure	an der Sonne
Erbsenpflanze	76	„ „	„ „ „
„	2	„ „	im Schatten
Feldbohne	(weder exhalirt noch absorbirt)		düster regnerisch
„	93	„ „	an der Sonne
Flieder	(etwas exhalirt)		düster regnerisch
Hollunder	102	„ „	an der Sonne (etwas umwölkt)

Wir sehen hieraus, dass die bedeutendste Menge von Kohlensäure bei directem Sonnenlicht aufgenommen und somit die ausserordentliche Einflussnahme des letzteren auf die Vegetation bestätigt wird.

Aus den vorangeführten und anderen Versuchen und Berechnungen muss man folgern, dass den Pflanzen die grösste Menge des Kohlenstoffs von der durch die Blätter aufgenommenen Kohlensäure zukommt (Hales, Boussingault, Schulze). Die mit der Kohlensäureausscheidung bei Nacht beobachtete Sauerstoffaufnahme durch die Blätter scheint mit dem eigentlichen Ernährungsprocesse nicht in directer Beziehung zu stehen und rein chemischer Natur zu sein, indem sie eine mehr oxydirende Wirkung auf gewisse Bestandtheile ausüben dürfte.

---

von den Pflanzen gänzlich fern gehalten, so hören die Protoplasmaströmungen auf und die Pflanze stirbt den Erstickungstod. Die Sauerstoffaufnahme beschränkt sich nicht auf die Keimungs- und Fruchtbildungs-Periode. Die Wurzeln bedürfen seiner stets und faulen und stellen ihr Wachsthum ein bei Abschluss von Sauerstoff. Equiseten und Wasserpflanzen, deren Wurzeln durch dichten Thon oder Wasser scheinbar von dem Sauerstoff der Luft abgeschlossen sind, besitzen in ihrem Innern grosse Lufträume, durch welche den Wurzeln der zur Athmung nothwendige Sauerstoff von den oberirdischen Organen her zugeführt wird.

Nach seinen neueren Versuchen schliesst A. Mayer, dass Längenwachsthum und Athmung (gemessen an dem Sauerstoffverbrauch) bei den Pflanzen zwei Erscheinungen sind, die nicht parallel mit einander verlaufen.

Absorption von Gasen durch die Pflanzenblätter ist nur bei Sauerstoff, Kohlensäure und kohlensaurem Ammoniak beobachtet worden (Boussingault, Ville, Sachs); gegen eine directe Aufnahme des Wassergases durch die Blätter sprechen die Versuche von Duchartre, Unger, Knop und Sachs; gegen eine Aufnahme des Thau- und Regenwassers jene von Duchartre. Wasser scheint demnach nur in flüssiger Form durch die Wurzeln in die Pflanze gelangen zu können.

Die wässerigen Lösungen, welche mit den Wurzeln in Berührung kommen, werden von der äussersten Zellschichte der Wurzelrinde und namentlich den Wurzelhaaren aufgesogen, und so können alle die früher als Pflanzennahrungsmittel bezeichneten Stoffe, wenn sie im Wasser gelöst, oder als Gase vom Wasser absorbirt sind, in die Pflanze gelangen.

Das Aufnehmen von Flüssigkeiten und Gasen durch die Zellenwände beruht auf dem eigenthümlichen Umstand, dass die Zellwand (Membran) ähnlich wie jene der thierischen Haut so gestaltet ist, dass sie von Flüssigkeiten und Gasen durchdrungen werden kann. Man nennt diese Fähigkeit der Membran deren „Durchgangsfähigkeit“ oder „Permeabilität“. Sind zwei verschiedene Flüssigkeiten durch eine solche Membran getrennt, so findet ein gegenseitiges Durchdringen — ein Strömen durch die Membran statt, bis sich die Bestandtheile beider verschiedenen Lösungen derart ausgeglichen haben, dass sich zu beiden Seiten der Membran eine Lösung von gleicher Eigenschaft und Dichtigkeit befindet, also ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Man bezeichnet dieses Streben der Ausgleichung gelöster Stoffe in Lösungen als „Diffusion“. Bei eingetretenem Gleichgewicht ruhen die Diffusionserscheinungen. Die Diffusion lässt sich leicht versinnlichen. Man befestige an das eine Ende einer offenen Glasröhre eine Schweins-Blase oder eine pflanzliche Membran, z. B. die einer Aloe, giesse in die Röhre irgend eine Lösung, z. B. Kochsalzlösung, und stelle sie in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, so dass der Stand der Flüssigkeiten in der Röhre und dem äusseren Gefässe ein gleicher ist. Es werden nun die beiden Lösungen sich auszugleichen suchen, die Kochsalzlösung wird nach aussen und hiefür Wasser nach innen dringen, welches Durchdringen nach innen als Endosmose, jenes nach aussen als Exosmose bezeichnet wird. Das Eindringen des Wassers durch die Membran nach innen wird aber

wegen dessen geringerer Dichtigkeit rascher erfolgen, als das der Kochsalzlösung nach aussen, und demgemäss wird nach und nach die Flüssigkeit in der Röhre höher steigen.

In der Pflanze können solche Differenzen in der Dichtigkeit der Lösungen, durch welche alsdann die Stoffbewegung bewirkt wird, durch Verdunstung des Wassers sowohl im Zelleninhalt als durch die Blätter entstehen, wodurch der Zellsaft concentrirt wird. Ebenso kann die Flüssigkeit ausserhalb der Pflanze, im Boden, Veränderungen in der Dichtigkeit erleiden, z. B. durch Auflösen neuer Stoffe oder blosse Wasserzunahme.

Verdunstung (Transpiration) findet bei jeder lebenden Pflanze durch die Blätter je nach Umständen in verschiedenem Maasse statt. Es verdunsten die Blätter der höchsten Wipfel das Wasser ebenso unausgesetzt, wie die Blätter des niedrigsten Grases, und das durch den Regen nach dem Boden geführte Wasser dringt vielleicht nach wenigen Stunden durch die Stämme der Bäume, um durch die zahllosen Blätter sie wieder zu verlassen. Die Verdunstung wird befördert durch Sonnenlicht, erhöhte Temperatur der Luft und des Bodens, innere chemische Processe, hingegen verzögert durch Abkühlung des Bodens; der Thau auf den Blättern hindert sie gänzlich. Säuren beschleunigen, Alkalien setzen die Transpiration der Pflanzen herab; bei Salzen richtet sich die Verdunstung nach der Concentration der Lösungen.

Die Aufnahme des Wassers durch die Pflanzenwurzeln geschieht aber bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Verdunstung; denn kräftige Pflanzen, am Wurzelhalse abgeschnitten, lassen noch durch längere Zeit Flüssigkeit herausquellen, welche Erscheinung beim Weinstock als Bluten oder Thränen der Rebe bekannt ist, und zwar beträgt die Menge des Ausflusses so viel, dass sich nicht annehmen lässt, dieselbe entspreche dem in der Pflanze angesammelt gewesenen Safte.

Der aufsteigende Saftstrom wird durch eine Kraft in die Höhe getrieben, welche durch die Thätigkeit der Wurzeln hervorgerufen wird, wie dies die bekannten Versuche von Hales nachweisen, bei welchen der Saft eines 18,4 Cm. über dem Boden abgeschnittenen Weinstockes in einer aufgesetzten Glasröhre 790 Ctm. in die Höhe getrieben ward.[1]) Irrig wäre jedoch anzunehmen, dass bei einer unverletzten Pflanze eine ebenso kräftige Saftströmung nach oben stattfinde (Schleiden, Brücke). Diese tritt erst ein, wenn eine

1) Neuerdings fand Clarke einen Saftdruck: beim Ahorn von 47,42 Fuss Wasser; beim Wurzelstück einer Birke 85,80 Fuss und bei einer Weinrebe 49,52 Fuss Wasser.

Verletzung der Pflanze vorherging, in Folge deren Saft ausströmen kann. Ausserdem verursacht der aufsteigende Strom nur eine Spannung in der Pflanze (Saftspannung), und ist diese eingetreten, so kann nur so viel Wasser aufsteigen, als durch die Blätter zersetzt wird. Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln ist demnach eine letzteren zukommende Eigenschaft, die durch das Verschwinden des Wassers aus den oberirdischen Theilen regulirt wird. Die Verdunstung steht also insofern mit der Wasseraufnahme im Zusammenhang, als die vorhandene Kraft der Wurzeln, Wasser in die Pflanzen zu führen, von den Verdunstungserscheinungen der Blätter beeinflusst wird.

Es verdunsten während der Vegetationsdauer von einem österreichischen Joch (5755 □Mtr.):

Weizen	593452	Pfd.	(Lawes und Gilbert)
Klee	600688	„	(Lawes und Gilbert)
Sonnenblumen .	2569322	„	(De Saussure)
Getreide . . .	2055466	„	(Lawes und Gilbert)
Kohl	3206115	„	(Hales)
Wein	464062	„	(Hales)
Hopfen	899820	„	(Hales)

Haberlandt fand für 1 Million

Roggenpflanzen	pr.	Hectar	834890 Kilo
Weizenpflanzen	„	„	1179920 „
Gerstenpflanzen	„	„	1236710 „
Haferpflanzen	„	„	2277760 „

Briem fand in den beiden Monaten Juli und August eine Verdunstung durch Zuckerrübenblätter von 2221 Hectoliter Wasser pr. Hectar.

Nach Dietrich verdunsten unsere gewöhnlichen Culturgewächse die 250—400fache Menge Wasser von der in der gleichen Periode producirten organischen Trockensubstanz.

Nach Marié Davy bedarf eine Ernte von 1 Hectoliter Weizen, von 80 Kilo Gewicht, eine Wassermenge von 144000 Kilo.

Der grosse Unterschied in dem Verdunstungsvermögen der Pflanzen wird wesentlich von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche bedingt. Je mehr die Epidermis verkorkt ist und je weniger sie Spaltöffnungen enthält, um so weniger Wasser vermag sie zu verdunsten. Ein eclatantes Beispiel hierfür sind die Wüstenpflanzen, namentlich die Cactusarten, ferner die immergrünen Gewächse.

Uebrigens reguliren auch die Spaltöffnungen die Verdunstung des Wassers. Bei turgescentem Gewebe erweitern sie sich, bei abwelkendem Gewebe schliessen sie sich.

Diese wenigen Daten werden genügen, um zu veranschaulichen, dass die Menge des von den Pflanzen verdunsteten Wassers eine sehr bedeutende ist. Leider fehlt es an Daten über die Menge verdunsteten Wassers bei anderen, nicht minder wichtigen Culturpflanzen während ihrer Vegetationszeit oder eines bestimmten Zeitabschnittes, obschon eine lange Reihe von Jahren verfloss, seit Stefan Hales die ersten Versuche über Verdunstung unternahm.

Man sah bis in die neuere Zeit (1854) die Verdunstung als die alleinige Ursache der Aufnahme gelöster Stoffe in die Pflanze durch die Wurzeln an und manche Physiologen huldigen auch noch heute der „Verdunstungstheorie". Nach letzterer soll in Folge des von der Oberfläche der Pflanzen verdunstenden und von den Zellen der Oberhaut herrührenden Wassers der Inhalt derselben sich mehr concentriren als jener der darunter liegenden Zellen, wodurch nach den Gesetzen der Diffusion diese letzteren Wasser abgeben müssen, ein Vorgang, der sich bis zu den Wurzeln fortsetze, welche endlich das Wasser und mit diesem die in ihm gelösten Stoffe aufnehmen und sie der Pflanze zuführen, wogegen das Wasser theilweise zersetzt werde, dem grössten Theile nach aber als solches durch die Blätter zur Verdunstung gelange. Nach den oben angeführten Versuchen von Lawes und Gilbert verdunsten während der Vegetation pr. Joch bebaut mit Weizen 593452 Pfd., mit Klee bestellt 600680 Pfd. Wasser; das zerlegte Wasser, dessen Bestandtheile zur Bildung von organischer Substanz beitragen, beträgt aber für Weizen nur 1630 Pfd., für Klee 1640 Pfd. Es ist dies jedoch nicht die ganze Wassermenge, welche dem Boden durch die Pflanzen entzogen wurde, es muss noch die Menge zu addirt werden, die sich in der Pflanze selber findet (Vegetationswasser) und welche diese in ihrem aufgequollenen Zustande (Turgescenz) enthält. Hiernach würden sich bei unseren Beispielen ergeben per Joch (5755 □Mtr.) für

	Weizen	Klee
Vegetationswasser . .	1016 Pfd.	18121 Pfd.
Zerlegtes Wasser . .	1630 „	1640 „
Verdunstetes Wasser .	593452 „	600688 „
Summa	596098 Pfd.	620449 Pfd.

Die Pflanze liesse sich nach dieser Theorie mit einer Art Saugpumpe vergleichen, die durch Verdunstung mittelst der Blätter in Thätigkeit erhalten wird, durch die mit Diffusionsvermögen begabten Zellen an den Wurzelenden das Aufsaugen der Bodennahrung bewirkt und so den Mechanismus der Pflanzenernährung bildet. Andere Physiologen neigen sich aber der Ansicht zu, dass nicht die Transspiration, sondern die Diffusion eigentliche Ursache der Stoff-

aufnahme sei (Schulz-Fleeth, Schacht, Schumacher) und schreiben allein dem Ausgleichungs-Streben zweier durch eine Membran getrennter Lösungen verschiedener Dichtigkeit das Eindringen der Stoffe in die Pflanze zu (Diffusionstheorie).

Wohl nicht weniger als die vorhergehende Frage hat die Physiologen eine andere Frage beschäftigt, ob nämlich die Pflanze das Vermögen besitze, unter den in Lösung gebotenen Stoffen eine Auswahl zu treffen; ob sie demnach mit einem Wahlvermögen begabt sei? und diese Frage ist noch immer Gegenstand der verschiedensten Controversen. Wenn wohl mit Recht den Pflanzen dieses Wahlvermögen abgesprochen wurde, so ging man doch wieder in der Behauptung zu weit, dass die Wurzeln einem Schwamme gleich alles ihnen in flüssiger Form Gebotene aufnehmen, möge die Pflanze darüber auch zu Grunde gehen.

Eben das Diffusionsvermögen scheint den Mittelweg anzudeuten, der den Vorgang viel natürlicher und wahrscheinlicher erklärt, ohne die Wurzeln einerseits dem alles aufsaugenden Schwamm zu vergleichen, andererseits aber sie sich mit einer Art Wahlinstinct begabt zu denken. Man kann annehmen, dass die Aufnahme irgend eines Nahrungstoffes von dessen Verbrauch durch die Pflanze abhängig ist; letztere nimmt also nur solche Stoffe auf, deren sie zur Bildung verschiedener Pflanzenbestandtheile bedarf. Indem die Stoffe je nach Bedarf aus dem Zelleninhalt verschwinden, werden sie von Aussen durch Diffusion partiell wieder ersetzt; oder in einem Satze ausgedrückt: Der Verbrauch der Stoffe regelt deren Aufnahme. Tritt z. B. in Folge Verbrauches ein Mangel an Kali im Zellgewebe ein, so wird die Pflanze Kali von aussen aufnehmen, aber keine anderen Stoffe, wie: Phosphorsäure u. dgl., die sich zur Zeit noch im Zellensafte finden. Wird durch diese Theorie, für welche theils viele directe Versuche, theils Erscheinungen im Pflanzenleben sprechen, auch nicht alles erklärt, so ist sie doch vielseitig angenommen (Schacht, Schulz-Fleeth, Schumacher). Zu berücksichtigen ist, dass die Aufnahme der gelösten Stoffe nur durch die Beschaffenheit der Zellwandung, des Primordialschlauches und jene der Lösung bedingt wird.

Nicht alle in der Pflanze vorkommenden Stoffe besitzen gleiche Diffusionsfähigkeit. Die schwer diffundirbaren, durch ihr Aufquellen im Wasser, ihre Unfähigkeit zu krystallisiren und durch ihre schwache chemische Affinität charakterisirten nennt man Colloide, die entgegengesetzte Eigenschaften zeigenden, leicht diffundirbaren, Krystalloide. Colloide sind z. B.: Leim, Pektin, Eiweiss, Gummi; Krystalloide: Oxalsäure, Saccharose, die Salze.

Die Fortbewegung des Saftes in der Pflanze geht in gleicher

Art, wie jene der Nahrungsstoffaufnahme vor, indem der Saft von Zelle zu Zelle, meist des Bildungsgewebes (S. 203) vordringt; keineswegs aber durch Gefässe (S. 202) wie das Blut in den Adern des Thierkörpers.[1]) Er findet sich aber da schon grösstentheils in verändertem Zustande, so dass er zur Neubildung von Organen dienen, sich nach allen Richtungen in der Pflanze vertheilen und überallhin gelangen kann, wo Neubildung von Organen erforderlich ist. So werden in der Pflanze nicht nur die aufgenommenen, sondern auch die in den Pflanzenzellen erzeugten Substanzen fortbewegt. Der „Pflanzensaft", welcher im Wesentlichen das ist, was wir als Zellsaft (S. 200) kennen gelernt haben, zeigt in verschiedenen Vegetationsperioden eine diesen entsprechende Concentrationsverschiedenheit.

In den Parenchymzellen kommen vorzugsweise die stickstofffreien Substanzen, wie Zucker, Stärke, Oel u. s. w., ausserdem organische Säuren und saure Salze vor.

In den Gefässen (Weichbast) überwiegen die Albuminate und deren Saft hat gewöhnlich eine alkalische Reaction. Die verschiedenen Saftarten sind indessen nicht immer streng auf eines der Zellgewebe beschränkt. In den Wurzelspitzen und Knospen vieler Pflanzen sind die jungen Gewebe alkalisch in Folge Vorwiegen der Albuminate, während der Frühlingssaft, der aus den Gefässen und dem Holz des Ahornbaumes fliesst, schwach sauer ist.

Der Milchsaft der Milchgefässe unterscheidet sich in seinen Eigenschaften wesentlich von dem Safte des Parenchyms und der Gefässbündel, meist ist er undurchsichtig, scharf und bitter.

Ueber die weitere Bewegung des Saftstromes sind die Ansichten getheilt. Die einen verfechten die Ansicht: der Saft erleide erst in den Blättern die Hauptveränderung (Assimilation), indem er dort mit der Atmosphäre in Wechselwirkung trete. In diesem veränderten Zustande, wo er begabt mit besonderer Bildungsfähigkeit durch die Rinde, besonders in den dünnwandigen Siebzellen des Cambiums, wieder nach abwärts steige, gelange er als „absteigender Saftstrom" bis in die Wurzeln, deren Verlängerung er bewirke. Als Beleg für die absteigende Saftbewegung wird angeführt, dass, wenn man die Rinde eines jungen Zweiges ringförmig durchschneidet, der Saft fortwährend aus dem oberen Wundrande hervorquillt und auch die Neubildung einer Aufschwellung von Rinde aus dem absteigenden Safte oberhalb des Schnittes erfolgt; während der untere Rindenschnitt sehr bald ganz eintrocknet.

1) Die Geschwindigkeit der Saftbewegung in der Pflanze fand Pfitzer pro Stunde bei Philadelphus-Zweigen $4^1/_2$, für Amaranthus 6, für Helianthus-Blätter 10 für vorher stark besonnte Blätter von Helianthus annuus sogar 22 Meter.

Gärtner pflegen demgemäss auch Fruchtzweige von Obstbäumen ringförmig zu entrinden, wodurch der durch die Rinde herabsteigende Saft in dem Aste verbleibt und zur besseren Ausbildung der Früchte beiträgt (v. Mohl, Schacht, Sachs). Andere Forscher (so z. B. Schleiden) stellen dies freilich in Abrede.

Die Pflanzen nehmen aber nicht nur Stoffe auf, sondern sie scheiden auch solche aus. Abgesehen von der Abgabe von Sauerstoff und Wasser durch die Blätter, secerniren unter gewissen Verhältnissen die Wurzeln ausser Kohlensäure, organische Säuren, kohlensaure Salze der alkalischen Erden, ja bei Stickstoffzufuhr in Form von Salmiak auch Salzsäure. Diese Wurzelausscheidungen sind für die Löslichmachung sonst unlöslicher Pflanzennährstoffe (phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Eisenoxyd u. s. w.) von hoher praktischer Wichtigkeit.

Pfeffer schildert die Stoffwanderung während des Vegetationscyklus der Pflanzen folgendermassen:

Hat mit der Ausbildung chlorophyllführender Organe die Production organischer Substanz aus Kohlensäure und Wasser begonnen, so entwickeln sich bei den einjährigen Gewächsen zunächst die vegetativen Organe am intensivsten. In Folge dessen strömt das plastische Material dorthin am stärksten, dann nimmt die Entwickelung der Blüthen Material in Anspruch und wenn die Ausbildung der Frucht beginnt, so richtet sich nach dieser hin hauptsächlich die Wanderung plastischer Stoffe, die hier zum Wachsthum und vorzüglich zur Aufspeicherung von Reservematerial Verwendung finden. Während der endlichen Ausbildung der Frucht wachsen gewöhnlich die vegetativen Organe nicht mehr, die Blätter und überhaupt die assimilirenden Organe überschreiten den Culminationspunkt ihrer Assimilationsthätigkeit, um endlich zu welken und zu Grunde zu gehen. Während dieser Phasen wird ein Zeitpunkt eintreten, wo sich der durch Athmung bedingte Verlust und die producirte Substanz das Gleichgewicht halten, die gesammte Pflanze an organischer Substanz also nicht mehr gewinnt, ja einen Verlust an dieser erleidet, wenn die Athmung relativ überwiegt. So hat z. B. beim Korn nach J. Pierre die organische Substanz 15—20 Tage vor der Reife ihren Höhepunkt erreicht, wohl aber wandert zu dieser Zeit das vorhandene plastische Material, mit ihm natürlich auch nothwendige anorganische Körper, in ausgiebiger Weise der Frucht und dem reifenden Samen zu. Dabei werden die vegetativen Theile natürlich ärmer an Substanz; Stärke und physiologisch äquivalente Körper verschwinden ganz oder zum grössten Theil aus Blatt und Stengel, ebenso vermindern sich die stickstoffhaltigen organischen Stoffe in hohem Maasse und selbst die Chlorophyll-

körper werden mehr oder weniger zerstört und es scheint, dass wenigstens ein Theil der sie constituirenden Stoffe sich zu den Orten bewegt, wo Reservematerial aufgespeichert wird. Aehnlich verhält es sich auch bei den perennirenden Pflanzen. Sterben die oberirdischen Theile jährlich ab, dann ist der hauptsächlichste Unterschied der, dass Reservematerial nicht nur aufwärts zu den Früchten, sondern auch abwärts zu den unter der Erde ausdauernden Organen geführt wird; bei den ausdauernden Holzgewächsen kommt der gesammte perennirende Holzkörper als Reservemagazin in Betracht, aus den Blättern aber, welche im Herbste absterben, werden die plastischen Stoffe in analoger Weise entleert, wie aus den absterbenden Organen einjähriger Pflanzen.[1]) Dieses Wandern gilt für die organischen wie die anorganischen Stoffe und bemerkenswerth dabei ist, dass mit den Eiweissstoffen stets auch Phosphorsäure und Kalium fortbewegt werden und dass letzteres auch in Beziehung zur Wanderung der Stärke zu stehen scheint. Diese beiden anorganischen Körper werden besonders reichlich aus den Blättern entleert, wenn diese dem Absterben entgegengehen; auch Magnesium bewegt sich verhältmässig reichlich in die Reservemagazine, während die grössere Menge des Calciums aus den absterbenden Organen nicht entfernt wird.

Bei seiner Untersuchung über die Sommerdürre der Baum- und Strauchblätter fand Kraus, dass Amylum und Kali beweglicher sind, als die Eiweisskörper und Phosphorsäure und dass Eiweisskörper und Amylum nicht unmittelbar bei ihren Wanderungen an einander gebunden sind.

b. Die Assimilation der Nährstoffe, der Stoffwechsel und die Production von Pflanzenstoffen.

Versuchen wir die Bildung der einzelnen Pflanzenbestandtheile, auch solcher von bestimmter Form (organisirt) wie Zellstoff, Stärke u. a. m. aus unorganischen Stoffen annähernd zu erklären, so können wir nach den vorliegenden Forschungen nur Folgendes andeutungsweise mittheilen, nicht ohne Furcht, in das Bereich der Hypothese zu gelangen. Die eigentliche Stätte für Production pflanzlicher Materie ist, wie schon erwähnt, die chlorophyllführende Zelle.[2]) Das Proto-

1) Man vergleiche die schöne Arbeit von P. Fliche und L. Grandeau (Ann. de Chim. et Phys. Sér. 5, Tome VIII. Août 1876).

2) Auch unter den höchst organisirten Pflanzen gibt es chlorophylllose, z. B. Lathraea, Orobanche, Cuscuta, Corallorhiza, Monotropa u. A., die selbstverständlich gleich den Thieren oder Pilzen darauf angewiesen sind, schon ge-

plasma dieser Zellen ist nicht immer durch seine ganze Masse grün gefärbt, in der Regel ist die grüne Färbung gebunden an körnige, halbweiche Massen, die in dem Protoplasma, deutlich getrennt von dessen flüssigerem Theil, sich vorfinden und je nach der Pflanzenform sehr verschiedene Gestaltung besitzen. Ueberhaupt scheint es nothwendig, die verschiedenen Medien in der lebenden Zelle, das Protoplasma und den Zellsaft bezüglich ihrer physiologischen Functionen auseinander zu halten, worauf schon hindeutet, dass das an Eiweissstoffen (und Phosphorsäure) reiche Protoplasma von alkalischer, der wässerige Zellsaft aber gleichzeitig von saurer Reaction ist. Das Plasma ist das vermittelnde Glied zwischen unorganischen Materien (Pflanzennährstoffe) und den näheren organischen Pflanzenbestandtheilen, es ist die vegetabilische Urmaterie, aus der sich direct oder indirect alle die Substanzen bilden, welche zur Neubildung von Zellen nöthig sind. Zunächst werden in der chlorophyllhaltigen Zelle durch das Licht bei gewissen Temperaturen Kohlensäure[1]) und Wasser unter Abscheidung von Sauerstoff reducirt. Der erste organische Stoff, der so gebildet wird, ist das Stärkemehl.

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 12O$$

Neben dem regelmässig auftretenden Stärkemehl scheint aber auch zuweilen noch ein anderes Kohlehydrat, eine Zuckerart, als directes Assimilationsproduct zu entstehen (Allium Cepa)

---

bildete organische Materie als Nahrung aufzunehmen. Andererseits gibt es aber auch chlorophyllhaltige Pflanzen, z. B. die Mistel, welche schmarotzen, d. h. von anderen Pflanzen fertig gebildete Materie sich aneignen. v. Tieghem will auch beobachtet haben, dass bei Keimpflänzchen die Function des Albumens bis auf einen gewissen Grad vertreten werden könne durch zerriebenes Albumen, welches nur mit dem Embryo in unmittelbarer Berührung ist, und auch durch Stärkemehlbrei, dem zweckmässig einige mineralische Pflanzennährstoffe zugesetzt werden.

1) A. Stutzer (Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1876 IX. 15. S. 1395) berichtet über Versuche mit Keimpflanzen von Brassica Rapa, denen er die atmosphärische Kohlensäure entzog und dafür Oxalsäure oder Weinsäure als Kohlenstoffquelle gab. Nach seinen Angaben erhielt er die günstigsten Resultate bei Ernährung mit der Kalkverbindung dieser Säuren und fand, dass Oxalsäure wie Weinsäure von den Pflanzen an Stelle der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen werden könne und dass die Pflanzen neue Blätter bildeten und an Trockengewicht zunahmen. Ferner beobachtete er bei Wasserpflanzen, die statt der Kohlensäure eine sehr verdünnte Lösung weinsaurer oder oxalsaurer Salze erhielten im directen Sonnenlicht starke Sauerstoff-Exhalation. Stutzer glaubt damit bewiesen zu haben, dass die atmosphärische Kohlensäure durch organische Säuren ersetzt werden könne. Sehr günstige Resultate will er auch mit Glycerin als Ersatz für Kohlensäure erhalten haben. Kohlenoxyd wird nach Stutzer's Versuchen (ibidem 16. S. 1570) nicht, wie man wohl nach Baeyer's Erklärungen (Ber. d. d. chem. Ges. 1870. III. S. 66 u. ff.) annehmen könnte, von der Pflanze aufgenommen.

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 12O.$$[1])

In seltenen Fällen wohl auch Fett (Briosi).

Andere Producte, die aus der Verarbeitung der Kohlensäure und des Wassers direct hervorgehen, sind bis jetzt nicht beobachtet worden. Alle übrigen zahlreichen Pflanzenstoffe werden bei dem intermediären Stoffwechsel aus diesen wenigen Erzeugnissen der chlorophyllhaltigen Zelle gebildet.

Vor allen Dingen muss nun dafür Sorge getragen sein, dass die gebildete Stärke nicht in abnormen Mengen sich aufspeichert und dadurch zu krankhaften Erscheinungen Veranlassung gibt. Es scheint, dass, wie gewisse anorganische Stoffe, z. B. das Kalium, zur Bildung von Stärke überhaupt nothwendig sind, anorganische Stoffe (Kalksalze, Chlor) auch den geregelten Weitertransport der neugebildeten Stärke vermitteln (Böhm, Nobbe). Diese Wanderung wird begünstigt durch Erhöhung der Temperatur und die Löslichmachung des Stärkemehls wahrscheinlich durch die alkalisch reagirende protoplasmatische Flüssigkeit veranlasst, wobei freilich gleichzeitig eine chemische Umänderung des Stärkemehls stattfinden muss. Uebrigens könnten auch die in neuerer Zeit in vielen Samen und anderen Pflanzentheilen nachgewiesenen Fermente das Stärkemehl in Zucker umwandeln und so diffusionsfähig machen. Die von Gorup-Besanez nachgewiesenen peptonbildenden Fermente der Pflanzen, die bei der Wanderung der Eiweissstoffe ohne Zweifel eine grosse Rolle spielen, vermögen auch Stärke in Traubenzucker überzuführen und wie diese zwei, auch im thierischen Bauchspeichel Analoga findende Fermente den Pflanzen nicht fehlen, so dürfte auch das dritte, welches Fette in Fettsäuren zu spalten vermag, bald entdeckt werden, hat doch Müntz bereits nachgewiesen, dass beim Keimen ölhaltiger Samen in grosser Menge Fettsäuren gebildet werden.

Ausser aus Stärke könnte Zucker in den Pflanzen auch durch Spaltung der Glucoside und Gerbsäuren oder auch stickstoffhaltiger Stoffe hervorgehen. Für alle diese Möglichkeiten lassen sich zahlreiche Belege beibringen. So wird das Salicin gespalten in Saligenin und Traubenzucker; das Populin in Benzoesäure, Saliretin und Zucker; das Arbutin in Hydrochinon und Zucker; das Phloridzin in Phloretin und Zucker u. s. w. Von den stickstoffhaltigen Glucosiden: Solanin in Solanidin und Zucker; das Amygdalin in Bittermandelöl, Blausäure und Zucker; das Betaïn nach Scheibler

1) Nach Baeyer könnte das aus Kohlensäure entstandene und ähnlich wie vom Blutfarbstoff so vom Chlorophyll gebundene Kohlenoxyd zum Aldehyd der Ameisensäure ($CO + H_2 = COH_2$) reducirt und dieses Aldehyd unter dem Einfluss des Zelleninhaltes ebenso wie durch Alkalien in Zucker verwandelt werden.

wahrscheinlich in Zucker, Oxalsäure[1]) und eine organische Basis. Das Tannin wird ferner in Gallussäure und Zucker, die Kaffeegerbsäure in Zucker und Kaffeesäure u. s. w. gespalten. Uebrigens scheinen die Gerbsäuren auch die Muttersubstanz mancher rother (Sauerkirsche) und blauer Farbstoffe zu sein.

Da die Neubildung von Organen die Entstehung von Zellen und damit die von Cellulose voraussetzt, so wird die zunächst zu beantwortende Frage sein: Wie entsteht Cellulose aus Zucker? Dass thatsächlich Cellulose aus Stärkemehl resp. Zucker entsteht, beweisen zahlreiche Keimversuche, auch die Bildung der Hefecellulose bei der alkoholischen[2]) Gährung. Eine Erklärung würde sich in der „Cellulosegährung“[3]) des Rohrzuckers, wie sie von E. Durin (Compt. rend. 83. 128) beobachtet wurde, finden lassen. Eine 10 procentige Lösung von reinem Zucker, in welcher frisch bereitete Diastase und frisch gefällter kohlensaurer Kalk vertheilt wurde, geht im Licht und bei einer Temperatur von 30° C. leicht in die schleimige Cellulosegährung über und es fanden sich nach Unterbrechung der Gährung 5,1% krystallisirbarer Zucker; 2,440% Lävulose und 2,226% durch Alkohol fällbare Cellulose

$$2(C_{12}H_{22}O_{11}) = C_{12}H_{20}O_{10} + C_{12}H_{24}O_{12}.$$

Bei den ölhaltigen Samen vermag sich Cellulose auch aus dem fetten Oel zu bilden. Nach Müntz soll das Oel bei der Keimung von Samen sich zuerst in Glycerin und fette Säuren spalten, jenes verschwinden und die fetten Säuren sauerstoffreicher werden.

Erdmann und Bente sehen im Holze eine sehr complicirte Verbindung dreier Gruppen, einer zuckerbildenden, einer aromatischen und einer Cellulosegruppe. Stutzer hat die aromatische Gruppe in der Zellwand nicht präformirt auffinden können.

Lignin, die Kork- und Cuticularsubstanz entstehen jedenfalls durch chemische Metamorphose eines Theils des Zellstoffes, ebenso scheint die Pectose in nahen Beziehungen zur Cellulose zu stehen. Die Pflanzenschleime sind Verbindungen von Cellulose und Gummi.

---

1) Kraus (Bot. Ztg. 1876. Nr. 39) fand, dass der Zucker stets von Kalkoxalat begleitet ist. In den zuckerhaltigen Geweben fand er diese Krystalle zahllos gehäuft.

2) Dafür spricht ferner die Entwickelungsgeschichte der Schleimpilze. (Ber. d. d. chem. Ges. III. S. 68).

3) Man vergl. übrigens die Untersuchung Scheibler's (Ztschr. d. Ver. f. Rübenz.-Ind. 1874. 24. H. 4. S. 309) über den sogenannten „Froschlaich“ in den Rübensäften. In dem alkoholischen Auszug fand er Pflanzen-Protagon, in dem mit Kalkmilch erhaltenen Auszug Dextran oder Gährungsgummi. Da diese Gallerte vielfach im Safte unreifer Rüben sich findet, so könnte das Dextran auch die Muttersubstanz des Rohrzuckers sein.

$$C_6H_{10}O_5 + 2C_6H_{10}O_5 = C_{18}H_{28}O_{14} + H_2O$$
Cellulose Gummi Schleim

Die fetten Oele bilden sich höchst wahrscheinlich aus den Kohlehydraten, wenigstens sprechen viele Erscheinungen dafür, so die Bildung ölhaltiger Samen, der Gehalt unreifer Oliven an Mannit, an dessen Stelle später Oel tritt, die Bildung von Fett in den Hefezellen u. s. w. Uebrigens ist die Möglichkeit der Fettbildung durch Spaltung von Proteïnstoffen nicht ausgeschlossen. (Karsten, Landw. Versuchsst. XIII. 193.)

Die organischen Säuren dürften aus den Kohlehydraten hervorgehen, nicht letztere — wie Liebig[1]) annahm — aus ersteren. Nach Kraus ist unter Einwirkung des Protoplasmas und bei Gegenwart anorganischer Basen das Molecül des Traubenzuckers im Stande, folgende Spaltungsprocesse zu veranlassen:

$$10(C_6H_{12}O_6) = 9(C_6H_6O_2) + 3(C_2H_2O_4) + 30H_2O$$
Brenzcatechin Oxalsäure

$$7(C_6H_{12}O_6) = 6(C_6H_6O_2) + 6(CH_2O_3) + 18H_2O$$
Ameisensäure

$$8(C_6H_{12}O_6) = 6(C_6H_6O_2) + 3(C_4H_6O_5) + 21H_2O$$
Aepfelsäure

$$11(C_6H_{12}O_6) = 9(C_6H_6O_2) + 3(C_4H_6O_6) + 30H_2O$$
Weinsäure

$$4(C_6H_{12}O_6) = 3(C_6H_6O_2) + (C_6H_8O_7) + 11H_2O$$
Citronensäure

Auch als Spaltungsproducte aus stickstoffhaltigen Stoffen werden in den Pflanzen organische Säuren sich bilden können, so ist es z. B.

---

1) Liebig und Rochleder nahmen an, dass die organischen Säuren Uebergangsglieder der atmosphärischen Kohlensäure zu den Kohlehydraten seien. Es sollte sich aus der Kohlensäure zunächst Oxalsäure bilden und diese unter Austritt von Sauerstoff stufenweise in Zucker u. s. w. umgewandelt werden. A. Petit (Compt. rend. 69. 760) nimmt folgende stufenweise Umbildung bei der Entstehung von Zucker aus Weintraubensäuren an:

1. Die Blätter, indem sie aus den Elementen der Kohlensäure und des Wassers Cellulose bilden, setzen Sauerstoff in Freiheit. Dieser Sauerstoff verwandelt die Cellulose in Weinsäure:
$$C_{12}H_{10}O_{10} + O_{14} = C_8H_4O_{10},2HO + 4CO_2 + 4\,HO$$
2. In der unreifen Traube findet sich eine färbende Substanz, welche das Silbernitrat reducirt. Dieser Körper entzieht der Weinsäure Sauerstoff und führt sie in Aepfelsäure über
$$C_8H_4O_{10},2HO - 2O = C_8H_4O_8,2HO.$$
3. Die Umwandlung der Aepfelsäure endlich in Zucker liesse sich durch folgende Gleichung ausdrücken:
$$2(C_8H_4O_{10},2HO) - 4CO_2 = C_{12}H_{12}O_{12}.$$

sehr wahrscheinlich, dass die in den Zuckerrübensäften reichlich auftretende Oxalsäure ein Spaltungsproduct des Betaïns ist (Ber. d. d. chem. Gesellsch. III. S. 160). Charakteristisch ist, dass das Protoplasma der lebenden chlorophyllhaltigen Zelle für organische Säuren, welche das Chlorophyll zerstören würden, undurchdringlich ist. Stirbt die Pflanze, so hört der Schutz des Protoplasmas auf und es tritt sofort eine Verfärbung ein.

Die Erzeugung der Albuminate kommt wahrscheinlich zu Stande durch Zusammentreten organischer stickstofffreier mit anorganischen stickstoffhaltigen Substanzen. Mit Gewissheit aber darf man annehmen, dass das Protoplasma der wachsenden Wurzelspitzen, des Cambiums und der jüngsten Theile der Stammknospen, nicht die Fähigkeit besitzt, selbst eiweissartige Stoffe durch Assimilation aus unorganischen Verbindungen zu erzeugen, denn dies würde ohne Sauerstoffabscheidung nicht stattfinden können; es müssen diesen Neubildungsherden des Protoplasmas mindestens die schon sauerstoffärmeren, assimilirten Bestandtheile, aus deren Vereinigung eiweissartige Stoffe sich bilden können, zugeführt werden.

Wahrscheinlich also ist es Stärke oder Zucker, oder eine organische Säure, welche sich mit Ammoniak oder Salpetersäure combiniren. Bei den nahen Beziehungen des Asparagins, des Amides der Aepfelsäure, zu dem Legumin und den anderen Proteïnstoffen, könnte Legumin in Asparagin umgewandelt und letzteres wieder zu Albuminaten regenerirt werden[1]). Ferner spricht die während der alkoholischen Gährung in der Hefepflanze aus Zucker und Ammoniaksalzen ermöglichte Bildung von Protoplasma für diese Hypothese.

Bleibt schon bei diesen Fragen noch sehr viel zu erforschen übrig, so sind wir vollends auf das Gebiet der blossen Vermuthungen angewiesen rücksichtlich der Art und Weise der Formbildung bei den organischen Substanzen, z. B. der Abscheidung des Zellstoffes in Form von Pflanzenzellen und deren weiterer Ausbildung zum

---

1) Henneberg sucht die Rückbildung von Eiweiss und Asparagin durch folgende chemische Gleichungen zu interpretiren:

Eiweiss: $C_{48}H_{38}N_6O_{16}$ = $C_{24}H_{24}N_6O_{18}$ (3 aequ. Asparagin)
= + $C_{32}H_{32}O_{32}$ ($^8/_3$ „ Glycose)
— $C_8O_{16}(8CO_2)$
— $H_{18}O_{18}(18HO)$

Bei Vergleichung der procentischen Zusammensetzung von Legumin und Asparagin muss bei Bildung von Asparagin eine grössere Menge von Kohlenstoff und Wasserstoff abgegeben und Sauerstoff aufgenommen werden. Bei der Rückbildung tritt selbstverständlich das Gegentheil ein.

Pflanzengewebe und zur ganzen Pflanze.[1]) Erst dadurch, dass die Pflanzenzellen, welche die verschiedenen Pflanzenbestandtheile enthalten, zu bestimmten Geweben (Bildungsgewebe, Holzgewebe u. s. w.) sich vereinigen und aus diesen wieder die einzelnen Organe der Pflanze, Blätter, Blüthen, Aeste, Wurzeln u. s. w. sich entwickeln, welche endlich zu einem Ganzen vereint, im wohlorganisirten Zusammenhange mit bestimmter Form und Lebensthätigkeit begabt sind, entsteht eine Pflanze. Wir müssen uns daher vorerst begnügen, diesen wunderbaren Gestaltungsprocess zu beobachten, ohne ihn erklären zu können. Die ganze Pflanze ist das Product dieses Bildungsprocesses und ihr Leben die Summe von Thätigkeiten ihrer einzelnen Organe. Der Bildungstrieb äussert sich überdies noch in besonderen, für jede Pflanzenart ganz charakteristischen Formen, und durch äussere Umstände werden diese Formen auf das mannigfachste verändert, wodurch Unterarten, Spielarten, Missgestaltungen und dergl. entstehen.

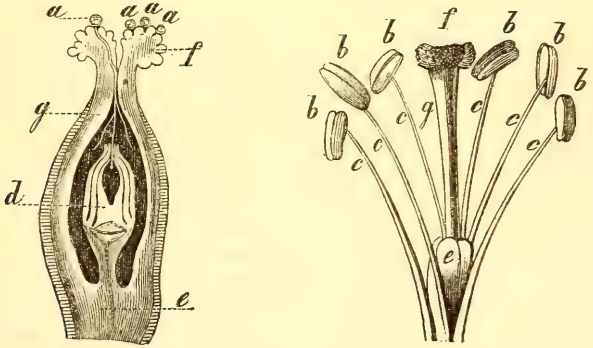
4. Die Fortpflanzung.

Es würde die Erdoberfläche von der Pflanzenwelt bald entblösst sein, wenn der Lebenslauf der Pflanzen nicht so wäre, dass sie in der Regel erst dann absterben, nachdem sie Organe hervorgebracht, aus denen wieder neue Pflanzen entstehen können, d. h. wenn sie nicht das Fortpflanzungsvermögen besässen. Es kann die Fortpflanzung in sehr mannigfaltiger Weise vor sich gehen. Wo die eine Vermehrungsart nicht stattfinden kann, gelangt eine andere zur Thätigkeit; denn bei keinem Processe hat sich die Natur so verschwenderisch gezeigt, wie eben bei dem der Fortpflanzung. Durch eine einzige Tanne können Millionen Körnchen von Blüthenstaub verbreitet werden, von denen jedes das Entstehen einer neuen Samen tragenden Pflanze zu ermöglichen vermag. Man sieht zuweilen aus weiter Ferne ganze Wolken farbigen Blüthenstaubes (Schwefelregen) vom Winde zu uns getragen, in denen der Aberglaube etwas Uebernatürliches, die Wissenschaft jedoch nur eine Anhäufung von Millionen von Keimen für neues Leben erblickt.

Von den vielen Arten der Fortpflanzung seien nur die dem landwirthschaftlichen Betrieb zweckentsprechenden hier kurz erörtert. Von dem Samen (S. 216) ist bereits gesprochen und das Entstehen des neuen Pflänzchens aus demselben erläutert worden. Man nennt die Fortpflanzungsart mittelst des Samens die regelmässige oder auch geschlechtliche, weil jene Pflanzenorgane,

1) Mayer vermuthet in den Protoplasmasträngen den ersten Anfang zu einer Organisation (Agriculturch. S. 99).

welche zur Hervorbringung des Samens Veranlassung geben, als Geschlechtstheile der Pflanze angesehen werden. Die Geschlechtsorgane bestehen aus dem Blüthenstaub (Pollen) (*a*); derselbe ist in den Staubbeuteln (Antheren) (*b*) eingeschlossen, die an der Spitze der Staubfäden (*c*) befestigt sind; ferner der Samenknospe (Keimknospe) (*d*), die noch von der schützenden Hülle des Fruchtknotens (*e*) umschlossen ist, welcher oben eine Oeffnung, die Narbe (*f*) hat. Zwischen dieser und dem Fruchtknoten findet sich oft noch eine Verbindungsröhre, die man Staubweg nennt (*g*). Fruchtknoten, Staubweg und Narbe zusammen bezeichnet man als Stempel (Pistill). Sind in einer Blüthe nur Stempel oder Staubgefässe vorhanden, so nennt man sie eingeschlechtig (weiblich oder männlich). Die männlichen und weiblichen Blüthen finden sich dann entweder auf ein und derselben Pflanze (einhäusig) oder auf verschiedenen Pflanzen (zweihäusig). Die Befruchtung selber geht in folgender Art vor sich: die Staubbeutel öffnen sich, der Blüthenstaub gelangt auf die Narbe und dringt mittelst sich bildender Schläuche durch den Staubweg in die Keimknospe, in der sich nun Zellen bilden, die dann weiter zur Entstehung des Keimes und des Samens Anlass geben.



Den Vorgang möge beistehende Zeichnung nach Schacht und Reichenbach versinnlichen. Schliessvorrichtungen, Wind und Insecten machen gewöhnlich die künstliche Befruchtung gänzlich überflüssig.

Bei Bastardirungen (Hybridicirung) befruchtet man mit dem Blüthenstaub der einen Art die Eichen von Pflanzen einer anderen Art, der so erzeugte Samen bringt bei seinem Wachsthum eine Bastardpflanze hervor.

Während sich in der Samenknospe der Keim ausbildet, nimmt nicht nur jene, sondern auch der Fruchtknoten an Umfang zu, bis letzterer die Grösse des reifen Kornes erlangt. Die dadurch zusammengedrängte Haut der Samenknospe und des Fruchtknotens bilden die Frucht- oder Samenschale des reifen Kornes.

Unter Samen ist die zur Ausbildung gelangte Samenknospe und unter Frucht die ausgebildete Samenknospe mit ihrer aus dem Fruchtknoten entstandenen Umhüllung zu verstehen. Beim Kern- und Steinobst z. B. ist der Fruchtknoten fleischig geworden und bildet das Fruchtfleisch, die Samen finden sich im Innern. Auch die Körner unserer Getreidearten sind, weil sie von einer Fruchtschale umschlossen sind, wissenschaftlich richtig als Frucht und nicht als Samen zu bezeichnen.

Aber auch durch die Knospen (S. 213) kann, wie schon hervorgehoben, eine Fortpflanzung stattfinden. Man nennt diese Fortpflanzung die künstliche oder geschlechtslose. Jedes Auge (Knospe) ist entwickelungsfähig, wenn ihm nur so viel Stengelsubstanz bleibt, dass es neue Wurzeln treiben kann. Das Verfahren, den Kartoffeln die Augen auszustechen, um an Samen zu ersparen, ist demnach richtig; nur müssen die zerschnittenen Theile etwas dichter gelegt und vorher einige Tage der Luft ausgesetzt werden, damit sich eine Art Haut auf den Schnittflächen bildet, die zum Schutze gegen Fäulniss im Boden dient.

Zu den Fortpflanzungsarten durch Knospen gehört auch das Pfropfen, Oculiren und Copuliren, welche Operationen meist zugleich das Veredeln zum Zwecke haben. Beim Oculiren bringt man die Knospe eines edlen Zweiges, beim Pfropfen einen Zweig, „Pfropfreis“, durch Einfügen mit dem Cambium des zu veredelnden Baumes, „Wildling“, in unmittelbare Verbindung.

Nebst den Brutknospen, aus denen unter günstigen Verhältnissen selbstständige Pflanzen werden können, giebt es noch andere Knospen, z. B. die Endknospen (S. 214), die am Ende der Stengel sich befinden und zu deren Verlängerung beitragen. Werden diese Endknospen zerstört, so gelangen die Achselknospen zur kräftigeren Entwickelung. Hierauf beruht auch der Nutzen des „Schröpfens“ oder des Abweidens des Getreides im Herbste, letzteres bestockt sich kräftiger und wird dichter. Gleiches gilt für das Stutzen der Bäume und Sträucher.

Zur Vermehrung genügt es bei vielen Pflanzen, einen ihrer Zweige, das „Steckreis“, zu trennen und in Erde oder Wasser zu setzen, wo es dann Nebenwurzeln treibt und zur selbstständigen Pflanze wird; dies ist die Vermehrung durch „Stecklinge“, wie sie bei Weiden und beim Oleander allbekannt ist. Diesem Ver-

fahren sehr ähnlich ist das „Ablegen“ oder „Absenken“, wobei man die Zweige, schwach mit Erde bedeckt, so lange mit der Mutterpflanze in Berührung lässt, bis die zu trennenden Zweige Wurzeln getrieben haben, worauf man sie dann trennt. Bei Erdbeeren und vielen Straucharten wird dies Verfahren häufig angewendet.

Schliesslich ist noch darauf hinzuweisen, wie sich die verschiedenen Fortpflanzungsarten zur Constanz des Artencharakters verhalten, da dies bei den Culturpflanzen von Wichtigkeit ist. Man zählt jene Pflanzen zu einer Art, welche in allen constanten Merkmalen übereinstimmen. Diese Bestimmung erscheint allerdings insofern etwas schwankend, als die constanten Merkmale nicht für alle Pflanzen die gleichen sind. Spielarten entstehen dann, wenn die Pflanzen ihre constanten Merkmale (Artencharakter) zwar beibehalten, aber sonst mannigfache Verschiedenheiten zeigen, z. B. eine andere Form der Blätter, andere Zeichnung der Blüthe u. s. w. Bei der Fortpflanzung solcher Spielarten durch eine oder mehrere Generationen kommt es allmälig dahin, dass alle Pflanzen den Charakter der Spielart annehmen und die Eigenschaft, welche anfänglich nur einzelne Pflänzchen als Spielart kennzeichnete, wird dann ein constantes, durch Samen unter gleichen Verhältnissen sich fortpflanzendes Merkmal; es entsteht dann eine Unterart, wie es die vielen Unterarten der Culturpflanzen geworden sind und noch immer werden. Ein belehrendes Beispiel liefert der Gartenkohl (Brassica oleracea), aus dem eine Menge von Unterarten entstanden sind, als: Winterkohl, gemeiner Kohl, Blätterkohl, Wirsing, Rothkraut, Blumenkohl, Kohlrabi u. s. w.

Was den Einfluss der Fortpflanzungsart auf die Erhaltung der Art belangt, so stellt Schleiden das Gesetz auf: „Bei der Fortpflanzung werden überhaupt um so mehr Merkmale und diese um so sicherer von der Mutterpflanze auf die Tochterpflanzen übergehen, je länger das zur Fortpflanzung dienende Organ, sei es Zelle, Samen, Knospe oder Zweig, mit der Mutterpflanze in inniger Verbindung blieb, und je mehr die äusseren Umstände, unter welchen die Tochterpflanze aufwächst, genau dieselben sind, unter denen die Mutterpflanze sich entwickelte.“ Dieser Grundsatz ist es, welcher maassgebend bleiben muss, wo es sich darum handelt, Pflanzen zu cultiviren, die immer genau dieselben Eigenschaften beibehalten sollen.[1])

1) Conf. Darwin „On the Origin of Species“ und „On the Variation of Animals and Plants under Domestication.“

5. Die Pflanzenkrankheiten und ihre Ursachen.[1])

Wie der Mensch Krankheiten unterworfen ist, so ist es auch die Pflanze. Durch diese Störungen und Unregelmässigkeiten in dem normalen Lebensgange der Culturpflanzen werden oft des Landwirths schönste Hoffnungen vernichtet.

Die Krankheitsursachen können sein: ungünstige Lebensverhältnisse, schädliche atmosphärische Einflüsse, phanerogame Schmarotzer, kryptogame Parasiten. Krankheiten, welche durch ungünstige Lebensverhältnisse hervorgerufen werden, sind z. B. das Steinigwerden der Birnen, der Honigthau, die Kräuselkrankheit der Kartoffeln, Schorf der Kartoffeln u. s. w. Schädliche atmosphärische Einflüsse verursachen das Frostspalten der Bäume, das Süsswerden der Kartoffeln etc.; die Bildung von Hexenbesen, von Gallen, sowie die Milbensucht der Birnbäume werden durch Verwundungen veranlasst. Jede bis zum Holzringe gehende Verwundung der Rinde ist schon deshalb schädlich, weil sich in derselben leicht Regenwasser ansammelt und dieses zum Faulen des Holzes Veranlassung geben kann. Der Gummi-[2]), Manna- und Harzfluss sind nur dann zu den Krankheiten (Secretions-Krankheiten) zu rechnen, wenn sie grössere Gewebecomplexe, die nicht normal diese Stoffe produciren oder führen, erfassen.

Weitaus schädlicher werden die Krankheiten, die durch phanerogame Schmarotzer oder kryptogame Parasiten entstehen. Zu den gefährlichen phanerogamen Schmarotzern gehören z. B. das Verneinkraut, die Schuppenwurz, Orobanche, Hanftod, Feldwachtelweizen, die Kleeseide, Flachsseide, die Mistel u. A.

Zahlreich sind die kryptogamen Parasiten. Man theilt sie ein in Phycomyceten (Algenpilze), Hypodermii, Basidiomyceten (Basidiensporige) und Ascomyceten (Sporenschlauchpilze). Zu den Phycomyceten gehört z. B. Peronospora infestans, welcher die Nassfäule der Kartoffeln verursacht.

Sperschneider und de Bary[3]) lieferten sehr eingehende

---

1) Zur weiteren Belehrung über diesen Gegenstand verweisen wir auf Jul. Kühn's Krankheiten der Culturgewächse, ihre Ursachen und Verhütung. 2. Aufl. Berlin, 1859. — Phytopathologie von E. Hallier, 1868. — P. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1874.

2) Das beste Mittel gegen den Gummifluss ist nach Prillieux das Einschneiden der Rinde.

3) Sperschneider's „Faulen der Kartoffeln", Berlin 1856, und de Bary's „Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit", Leipzig 1861.

Forschungen über diese Krankheit, denen wir Folgendes entnehmen. Feuchtigkeit und Luftzutritt befördern sehr die Fortpflanzung der Peronospora. Die Knollen erkranken nach dem Eindringen der Pilzkeime durch den Boden oder durch die oberirdischen Theile der Pflanze selbst. Die Fäule zeigt sich an den Knollen als missfarbige, gewöhnlich schmutzig braune Flecken. Kraut- und Knollenkrankheit haben dieselbe Ursache. Die Fortpflanzungszellen (Sporangien) des Pilzes überwintern in der Kartoffel und kommen bei günstigen Verhältnissen zur Entwickelung. Es ist nicht zu erwarten, ein specifisches, stets wirksames Heilmittel gegen die Krankheit zu finden; denn der verheerende Pilz sitzt im Innern der Pflanze, nicht wie der die Reben beschädigende Pilz an der Oberfläche der Blätter. Der Kartoffelpilz lässt sich weder mechanisch entfernen, noch durch andere Mittel tödten, es kann sich also nur darum handeln, ihn möglichst unschädlich zu machen. Knollen, die einmal von ihm befallen sind, müssen, um sie lange zu erhalten, an thunlichst trockenen luftigen Orten aufbewahrt werden. Ist nur das Kraut befallen, so kann Trockenheit der Luft und des Bodens die Ausbreitung des Pilzes bis zur völligen Unschädlichkeit verlangsamen, man wähle daher einen trockenen Acker. Will man der Krankheitsverbreitung entgegen wirken, so entferne man bei Zeiten jene Blätter und Triebe, auf denen sich die ersten braunen Flecken zeigen. Die völlige Wegnahme des wenig befallenen Krautes beeinträchtigt die Ausbildung der Knollen; in einer späteren Periode wäre sie nicht mehr von Nutzen, indem sich dann schon die Pilzsporen gebildet und verbreitet haben. Am sichersten wird man vorgehen, nur ganz gesunde, die charakteristische Bräunung unter der Schale nicht an sich tragende Knollen zum Legen in den Acker zu verwenden; dann dürfen aber auch pilzhaltige Knollen vom früheren Jahre im Felde nicht geduldet werden. Leider sind solche Vorsichtsmassregeln im Grossen selten durchführbar.

Zu den Hypodermii gehören die Brandpilze und Rostpilze. Sehr gefährliche Brandpilze sind: Tilletia Caries (Steinbrand), Ustilago Carbo (Staubbrand des Getreides), Ustilago Maydis (Maisbrand) und Ustilago secalis (Roggenkornbrand). Von den Rostpilzen seien aufgeführt: Puccinia graminis, P. straminis (Getreideroste), Puccinia Asparagi (Spargelrost), Unomyces Betae (Runkelrübenrost), Chrysomixa Abietis (Rost der Fichtennadeln). Feuchtes warmes Wetter, mit abwechselndem Regen und Sonnenschein ist dem Umsichgreifen der Rostpilze überhaupt günstig; ihre Fortpflanzung erfolgt durch Keimkörner, die sich durch Winde ungemein rasch verbreiten. Brandpilze behalten ihre Keimkraft längere Zeit bei und kommen unter günstigen Umständen in wenigen Stunden zum Keimen; selbst frischer Mist enthält oft noch gesunde Keimkörner. Das Beizen

der Samen vor dem Anbau ist als gutes Mittel gegen die Verbreitung der Schmarotzerpilze zu empfehlen, da durch die ätzende Flüssigkeit (Kalkwasser, Kupfervitriol, Jauche, übermangansaures Kali) die zum Theil an der Aussenseite der Samen haftenden Keimkörner der Pilze zerstört werden.

Die Rothfäule und Weissfäule der Baumstämme werden durch Pilze, welche zu den Basidiomyceten gehören, hervorgerufen. Die Mehlthauarten, Krustenpilze und Scheibenpilze sind Ascomyceten. Gefürchtete Mehlthauarten und Krustenpilze sind der des Weinstockes (Erysiphe Tuckeri), der Russthau des Hopfens (Fumago Salicina), der Rapsverderber (Pleospora Napi), der Rübentödter (Stemphylium ericoctonum), der Wurzeltödter der Luzerne (Byssothecium circinans), das Mutterkorn (Claviceps purpurea) und Andere. Die Taschenbildung der Pflaumen (Exoascus Pruni) und der Lärchenkrebs (Peziza Willkommii) werden durch Scheibenpilze hervorgerufen.

Im Allgemeinen sind die Ursachen zu Krankheiten immer in äusseren Veranlassungen zu suchen.

6. Lebensdauer und Tod der Pflanze.

Es gibt Pflanzen, welche ein Alter von 6000 Jahren erreichen (Affenbrodbaum), doch unterliegen auch sie endlich dem Tode wie jene, deren Dasein nur nach Tagen zählt. Unsere meisten Culturpflanzen beschliessen ihr Leben mit einem Jahre, indem sie mit dem Fruchtansatze — der Vollendung der pflanzlichen Individualität — absterben. Man bezeichnet sie als einjährige Pflanzen. Man kann aus einjährigen Pflanzen zwei- oder mehrjährige erzeugen, wenn es ohne zu grosse Störungen ihres Lebens gelingt, sie an dem Samentragen zu hindern; so hat man die wohlriechende Reseda in einen kleinen Halbstrauch verwandelt. Welchen Zeitraum auch das Pflanzendasein umfasst haben möge, mit dem Absterben hört das Zusammenwirken der einzelnen Organe auf, welches das Leben bedingt, die Pflanze fällt dem Chemismus anheim, der nun uneingeschränkt nach den Naturgesetzen waltend, die todten Reste durch den Fäulnissprocess wieder in jene Stoffe auflöst, aus denen die junge Pflanze einst hervorging. Kohlensäure, Ammoniak, Wasserdampf und Mineralstoffe werden dadurch frei und während jene der Luft, diese dem Boden anheimfallen, dienen sie wieder auf's Neue der folgenden Generation zur Nahrung. Vergehen und Entstehen erscheinen wie überall in der Natur auch in der Pflanzenwelt eng verbunden zur unaufhörlichen Wechselwirkung: „Tod der Einen wird Leben für unendlich Viele!“

Praktische Abtheilung.

Die Culturpflanzen und ihre Ernährung.

Allen Culturpflanzen sind gewisse Merkmale eigenthümlich, die den wild wachsenden Pflanzen gänzlich fehlen, die aber gerade dasjenige umfassen, um dessentwillen wir sie cultiviren.

Die Veränderungen, welche Pflanzen durch die Cultur gewinnen und wodurch sie von ihren wilden Stammverwandten sich unterscheiden, bestehen in der besonders üppigen Entwickelung bestimmter Pflanzentheile und in der gesteigerten Anhäufung werthvoller, meist für den Menschen nützlicher Bestandtheile.

Schon der Blick auf einen Gemüsegarten und der Vergleich der dort gezogenen Gemüsearten mit ihren wilden Stammesgenossen zeigt, welch' bedeutenden Einfluss die Cultur einer Pflanze auf deren Charakter nimmt. Brassica oleracea, dieses dürftige Pflänzchen des Dünensandes an den Nordseeküsten, wird durch Cultivirung zum ebenso üppig entwickelten als wohlschmeckenden Blumenkohl, die ungeniessbare wilde Kartoffel zur beliebten Speise, und die harten Sprossen des wilden Spargels zum feinsten Gemüse!

Die Culturpflanzen sind eigentlich nur Unterarten ihrer wilden Stammverwandten und letztere gehören meist solchen Pflanzenarten an, aus denen sich leicht Spielarten bilden.

Werden solche Pflanzen ausserhalb der Grenzen ihres natürlichen Verbreitungsbezirkes cultivirt, so erfahren sie in ihren Bestandtheilen grosse Veränderungen, die die Spielarten bedingen. So ist im Pultowa'schen Gouvernement aus dem sogenannten Veilchentabak eine eigene Spielart geworden, die schon in 15 — 16 Wochen reift, beim Rauchen aber keine Spur jenes angenehmen Geruches offenbart, dem jener Tabak seinen Namen in Deutschland verdankt. Die Veränderung, besonders der organischen Bestandtheile, muss aber auch das ganze Leben der Pflanze ändern, das eine steht in

enger Verbindung mit dem anderen. So sind auf Madeira von Aepfel- und Birnbäumen neue Varietäten hervorgegangen, die zweimal im Jahre Früchte tragen, ja sogar eine Aepfelbaumvarietät, die das ganze Jahr über mit Blüthen und Früchten zugleich bedeckt ist (Froriep). Das Vermögen der Pflanzen, ihren ursprünglichen Charakter beizubehalten, ist ein sehr verschiedenartiges. Pflanzen, die lange Zeit nur wild wuchsen, bewahren ihren Charakter am beharrlichsten, wenn man versucht, sie in den Culturzustand überzuführen. Gelingt es jene Beharrlichkeit zu überwinden und besondere Eigenthümlichkeiten hervorzurufen, so werden sie überhaupt geneigter zu Veränderungen ihrer Natur, „biegsamer", und passen sich daher auch verschiedenen Klimaten leichter an, sie „acclimatisiren" sich leichter. In dieser stärkeren oder schwächeren Biegsamkeit liegt das Charakteristische der Culturpflanzen.

Wesentlichen Einfluss auf die Entstehung von Abarten und die Bildung von Culturpflanzen haben die klimatischen Verhältnisse. Es gilt etwa Folgendes: 1) Durch fortgesetzte Aussaat der Samen von aufeinander folgenden Generationen werden Spiel- und Unterarten gewonnen, die am meisten dem Klima entsprechen. 2) Die Acclimatisation der Culturpflanzen ist um so dauernder, je länger sie in demselben Klima ohne eine bemerkbare Veränderung ihrer Natur angebaut worden sind. 3) Culturpflanzen, die einem häufigen klimatischen Wechsel ausgesetzt werden, sind in ihren durch klimatische Einflüsse bedingten Eigenthümlichkeiten weniger beständig. 4) Die werthvollen einheimischen Spiel- und Unterarten verdienen den Vorzug vor ähnlichen, wenn auch werthvolleren Spielarten einer anderen Gegend. 5) Bei Einführung fremder Culturpflanzen kann man desto sicherer auf die Erhaltung ihrer Eigenthümlichkeiten rechnen, je weniger das neue Klima vom früheren abweicht. 6) Will man gewisse, durch das Klima bedingte Eigenthümlichkeiten ausländischer Culturpflanzen so viel als möglich erhalten, so muss man von Zeit zu Zeit Samen oder Pflanzen aus dem ursprünglichen Klima wieder beziehen.[1])

---

1) Haberlandt zog aus seinen zahlreichen über Acclimatisation und den Samenwechsel angestellten Versuchen folgende Schlussfolgerungen: Saatgut, aus feuchten Klimaten bezogen, liefert verhältnissmässig mehr Stroh, aber weniger Körner; solches aus trockenen Wachsthumsgebieten mit kurzem Frühjahr und heissem Sommer gibt geringeren Stroh- und verhältnissmässig reicheren Körnerertrag und vermag besser den Einflüssen der Trockenheit zu widerstehen. Die Qualität der Körner und ihr Gehalt wird günstiger beeinflusst, wenn Saatgut aus Ländern mit continentalem Klima in feuchtere Gegenden zum Anbau kommt als umgekehrt. Getreide aus regenreichen Ländern ist leichter dem Lagern unterworfen. Saatgut aus Gegenden mit strengen Wintern ist weniger der Gefahr des Auswinterns preisgegeben. Continentales Klima reift kleinkörnige

Dem Landwirthe ist natürlich viel daran gelegen, den Charakter bestimmter Culturpflanzen zu bewahren, doch will dies oft bei aller Sorgfalt nicht immer gelingen, seine Pflanzen „arten aus“, sie verwildern. Die Erfahrung lehrt, dass die bessere Unterart einer Culturpflanze, in eine andere ihr nicht zusagende Gegend verpflanzt, bald ihren Charakter verliert und eine geringere Qualität als selbst die dort heimische Pflanze annimmt. Jedenfalls sind es klimatische Einflüsse, welche hierbei den wesentlichsten Einfluss ausüben, wenn auch mitunter die Beschaffenheit des Bodens mitwirkt. Ueberhaupt muss vor dem argen und vielverbreiteten Fehlschluss gewarnt werden, dass, weil eine Culturpflanze in einer Gegend ganz vorzüglich gedeiht, dies auch in einer anderen der Fall sein müsse; die Landwirthe ziehen sich dadurch oft empfindliche Täuschungen und Verluste zu, wenn sie eine sehr empfohlene fremde Art in ihrer Heimat anbauen, zu ihrem Erstaunen aber nicht selten eine viel schlechtere Art, als selbst die heimische war, ernten. Die Unterart einer Culturpflanze kann in der einen Gegend vorzüglich, in einer zweiten aber sehr schlecht gerathen, weil jede Pflanze des Zusammenwirkens bestimmter Bedingungen zu ihrem Gedeihen bedarf; bringen wir sie daher aus diesem Bereiche in einen anderen, wo eine oder mehrere jener Bedingungen fehlen oder ungünstige Einflüsse sich geltend machen, so kann sie darunter nur leiden.

Jede Gegend hat ihre besonderen Unterarten, und die derselben Gegend angehörigen Sorten sind in der Regel die zum Anbau vortheilhaftesten. Der Landwirth kann aber durch Aufmerksamkeit und Ausdauer die vortheilhaftesten Unterarten für seine Gegend sich aus den am vorzüglichsten gerathenen Einzelpflanzen selbst ziehen. Man betrachte nur ein in der Blüthe stehendes Feld, so wird man immer einzelne, besonders hervorragende Pflanzen bemerken, welche durch auffallende Kraftfülle schon von ferne sich kenntlich machen. Solche ganz besonders gut gerathene Pflanzen soll der Landwirth ausschliesslich zur Samenzucht und sorgfältigen Fortpflanzung benutzen. Nur dadurch wird es ihm gelingen, die gewünschte Unterart seiner Culturpflanze gewiss zu erzielen, wie

---

Getreidefrüchte, mit kleberreichem Inhalte und specifisch schweren Körnern; kühle feuchte Sommer hingegen, oder künstliche Bewässerung und vermehrter Reichthum des Bodens an Pflanzennährstoffen vergrössern das Korn, lockern den Inhalt, der statt glasig, mehlig erscheint, und verringern das specifische Gewicht zugleich mit der Menge der stickstoffhaltigen Bestandtheile. Der Gegensatz zwischen Winter- und Sommerfrucht schwindet um so mehr, in je südlichere Gegenden man gelangt. Wintergetreide aus Gegenden über dem 45. Grad n. Br. wird, bei uns im Frühjahr angebaut, in demselben Jahre nicht mehr zum Sprossen gelangen, aus niederen Breiten bezogen aber bei uns sich ebenso verhalten, wie das Sommergetreide.

uns denn auch die Geschichte der Landwirthschaft einzelne Beispiele solcher mit bestem Erfolg gekrönten Sorgfalt aufbewahrt hat; in neuerer Zeit erst gelang es einem englischen Landwirth (Hallet) die vorzüglichste Weizenart dadurch zu erlangen, dass er die Körner einer kräftig entwickelten Weizenstaude, die er in einer Hecke entdeckte, mit Ausdauer fortpflanzte.

Die so entstandene Unterart wird ihren Charakter schon darum zäher beibehalten, weil sich derselbe den localen Einflüssen bereits angepasst hat. Mit der gleichen Sorgsamkeit, mit welcher der Landwirth für specielle Verhältnisse Thierschläge züchtet, soll er auch dahin streben, seinen Culturpflanzen vortheilhaftere Eigenschaften anzuzüchten. Bis zu einer gewissen Grenze ist dies immer möglich.

Nicht von allen Culturpflanzen lässt sich mit voller Sicherheit die im wilden Zustande lebende Art angeben, und gerade von den wichtigsten Getreidearten: Weizen, Gerste, Roggen, Hafer und Mais, welche seit den ältesten Zeiten cultivirt werden, sind uns die entsprechenden Stammpflanzen bis jetzt noch unbekannt; wir haben nur Kunde davon, dass sie im alten Egypten bereits cultivirt, und im Laufe der Jahrtausende von einem Volke zum anderen sich vererbt haben, nirgend aber eine Spur ihres Vorkommens in wildem Zustande.

I. Arten der Culturpflanzen.

Von den auf Erden bis jetzt bekannten ca. 160,000 (Humboldt) Pflanzenarten wird verhältnissmässig eine nur äusserst geringe Zahl zur Cultivirung benützt. Man hat, um sie zu gruppiren, verschiedene Eintheilungsprincipien gewählt, bald die Benutzungsart, bald die chemischen, bald die morphologischen und botanischen Charaktere der Pflanzen zur Basis genommen, je nach dem Zweck und Standpunkt des Autors. Eine streng logische und dabei einheitliche, den Bedürfnissen der Praxis zugleich entsprechende Eintheilung existirt nicht. In Nachfolgenden sind einige der häufiger angewendeten Gruppirungen aufgezählt.

A. Eintheilung nach der Benützung.

1. Zur Nahrung dienende Culturpflanzen.

Futterpflanzen: Futtererbse, Futterwicke, Honiggras, Kleearten, Raygräser, Spörgel, Timotheusgras, Wiesenfuchsschwanz, Wiesenschwingel.

Hackfrüchte: Alkana, Ackerkohl, Dorschen, Erdbirne, Kartoffel, Möhre, Pastinake, Rübenarten.

Hülsenfrüchte: Bohne, Erbse, Linse, Lupine, Pferdebohne, Wicke.

Körnerfrüchte: Buchweizen, Gerste, Hafer, Hirse, Mais, Reis, Roggen, Weizen.

2. Zu gewerblichen Zwecken dienende Pflanzen.

Fabrikspflanzen: Cichorie, Senf, Tabak, Weberkarde, Zuckerrübe.

Färbepflanzen: Knöterich, Krapp, Malve, Saflor, Waid, Wau.

Gespinnstpflanzen: Der Bast von Hanf, Lein, neuseeländer Flachs und den Nesselgewächsen.

Gewürzpflanzen: Anis, Fenchel, Kümmel.

Oelpflanzen: Die Körner von Awehl, Biwiz, Hanf, Lein, Leindotter, Mohn, Oelrettig, Raps, Rübsen, Sonnenblume etc.

B. Die Eintheilung nach den Bestandtheilen.

1. Culturpflanzen mit verhältnissmässig starker Entwickelung einzelner Pflanzentheile.

Als Beispiel seien angeführt:

Wurzeln: Cichorie, Ingwer, Kalmus, Kerbelrüben, Krapp, Mangold, Meerrettig, Mohrrüben, Rettige, Sellerie, Topinambur, Zuckerrüben.

Stengel: Blumenkohl, Flachs, Hanf, Spargel.

Blätter: Kohl, Salat, Spinat, Artischocke.

Knospen (unterirdische): Kartoffeln.

Samen: Gerste, Hafer, Hirse, Mais, Mohrenhirse, Reis, Roggen, Weizen, Bohnen, Buchweizen, Kichern, Linsen, viele Oelfrüchte.

Früchte: Obstarten (mit fleischig-gewordenem Fruchtblatt — Fruchtfleisch).

2. Culturpflanzen mit gesteigerter Anhäufung bestimmter Bestandtheile.

Stickstoffhaltige Substanzen: Futterpflanzen, Getreidearten, Hülsenfrüchte.

Stärke: Getreidearten, Hülsenfrüchte, Kartoffel.

Zucker: Maisstengel, Moorhirsenstengel, Zuckerahorn, Zuckerrübe.

Fette Oele: Oelgewächse.

Aetherische Oele: die meisten Gewürzpflanzen.

Harze: sehr viele Holzpflanzen.

Zellstoff: als Holz bei den Holzgewächsen, als Bastfaser bei Flachs, Hanf und den Nesselgewächsen.

Alkaloïde: viele Arzneipflanzen.

Pflanzensäuren: Citronen (Citronensäure), Sauerampfer (Oxalsäure), Sauerklee u. s. w.

C. Die Eintheilung nach Pflanzentheilen und deren nutzbaren Bestandtheilen.

1. Samen.

a. Stärkemehlreiche Samen (Mehlfrüchte): Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Reis, Mais, Mohrenhirse, Hirse, Buchweizen.

b. Proteïnreiche Samen (Hülsenfrüchte): Erbse, Linse, Wicke, Pferdebohen, Wicklinse, Platterbse, Kicher, Bohne.

c. Oelhaltige Samen (Oelfrüchte): Raps, Rübsen, Leindotter, Mohn, Senf, Oelrettig, Sonnenblume, Madia.

d. Aetherisches Oel enthaltende Samen (Gewürzpflanzen): schwarzer Senf, Kümmel, Fenchel, Anis, Koriander.

2. Fruchtstände.

a. Gewöhnliche Fruchtstände, deren Nutzen in ihrem Bau beruht: Weberkarde.

b. Aetherisches Oel etc. enthaltende Fruchtstände: Hopfen.

3. Narben.

Farbstoffhaltige Narben: Safran.

4. Blumenblätter.

Farbstoffhaltige Blumenblätter: Saflor, Malve.

5. Blätter.

a. Farbstoffhaltige Blätter: Waid, Wau.
b. Alkaloïdhaltige Blätter: Tabak.
c. Proteïnreiche Blätter: Kuhkohl, Kopfkohl.

6. Stengel.

Bastreiche Stengel (Gespinnstpflanzen): Lein, Hanf.

7. Knollen.

Stärkemehlhaltige Knollen (Knollenfrüchte): Kartoffel, Topinambur, (Kohlrabi).

8. Wurzeln.

a. Rohrzuckerhaltige Wurzeln (Wurzelfrüchte): Runkelrübe, Kohlrübe, Wasserrübe, Pastinake, Möhre, Cichorie.
b. Farbstoffhaltige Wurzeln: Krapp.

9. Gesammte oberirdische Pflanzentheile.

Futterpflanzen: Luzerne, schwedische Luzerne, Sandluzerne, Hopfenluzerne, Rothklee, Inkarnatklee, Weissklee, Serradella, Esparsette, Lupine, Grünraps und Grünrübsen, Spörgel, Grünbuchweizen, Grüngetreide, Mohar, Grünmais, die Wiesengräser.

II. Vertheilung der Culturpflanzen nach den Klimaten.

Mit dem Studium der Vertheilung der Pflanzen nach den Klimaten beschäftigt sich die Pflanzengeographie. Wir heben hier nur das Wichtigste in Bezug auf die Culturpflanzen hervor.

Unter den Halmfrüchten hat die Gerste die kürzeste Vegetationszeit; weshalb sie am weitesten gegen Norden vorzudringen vermag, und auch den ausgedehntesten Verbreitungsbezirk hat. Man findet sie vom Aequator bis zum 70. Breitegrade, am Nordcap, auf den Faröer-Inseln, den Orkaden, wie am weissen Meer. Am Himalaja wird sie bis zur Höhe von 14000', in Schweden hingegen nur bis zu 300' über dem Meeresspiegel angebaut.

Nicht so weit gegen Norden reicht die äusserste Grenze (Polargrenze) des Roggens, und wird dieselbe in Norwegen mit 65 bis 67 ⁰ n. B. angegeben. Seine Polargrenze senkt sich aber bei den Faröer-Inseln, welche schon ausserhalb seiner Region liegen. In warmen Klimaten steigt der Anbau des Roggens sehr hoch; schon in Frankreich finden wir ihn auf Höhen von 6600'.

Ziemlich ebenso hoch wie der Roggen reicht der Buchweizen. Er ist wie andere Getreidearten fast im ganzen nördlichen Europa, besonders im östlichen Deutschland und Polen, verbreitet. Man findet den tartarischen Buchweizen in Sibirien und in der Nähe des Baikalsees wild wachsend.

Vom nördlichen England über das nördliche Deutschland zieht sich die Polargrenze der Weizencultur. Obwohl der Sommerweizen in Russland bis zum 61. und an der Meeresküste Norwegens bis zum 62.⁰ n. B. noch cultivirt wird, so ist doch erst in Südengland, dann von Frankreich bis an das kaspische Meer gegen Osten reichend, der Weizen die eigentliche Brodfrucht. Sehr verschieden sind die Höhen, in welchen der Weizen gebaut wird; am Aequator bis zu 10000', in Frankreich bis zu 5400', in Mexiko bis 3000'.

Die Polargrenze des Hafers trifft in Russland mit jener des Roggens, in Schottland mit jener des Weizens zusammen.

Die Polargrenze des Mais (türkischer Weizen), dem besonders das heisse und feuchte Klima tropischer Gegenden zusagt, wo er bis 800fachen Ertrag liefert, reicht in Europa bis zum 49.⁰ n. B.;

höher hinaus wird er nur noch als Gartenpflanze vorkommen. Man findet den Mais auch in sehr bedeutenden Höhen; so auf der Hochebene von Mexiko 8—9000', in Peru bis zu 12000'. Im heissen Amerika gilt er als eigentliche Brodfrucht.

Der Reis gehört nicht unseren Klimaten, sondern den Tropenländern an. Es sei nur erwähnt, dass nach annähernden Berechnungen von dieser Frucht ziemlich die Hälfte aller Menschen lebt.

Die Kartoffel baut man in ganz Europa von Hammerfest in Lappland, 71.° n. B., auf Island, den Faröern bis an das mittelländische Meer. Nebst Amerika, ihrem Vaterlande, wird sie in Kamschatka, Sibirien, Indien, China, Japan, Neuholland und Neuseeland, an den Ufern des Titirasees, in Amerika in einer Höhe von 12000' sogar noch angebaut.

Lein wird im ganzen mittleren Europa cultivirt und reicht in Russland bis nach Livland. Neuseeländer Lein und Hanf wird ausser in Neuseeland auch in Neuholland in bedeutender Menge gebaut.

Hanf, aus Persien stammend, wird namentlich in Süddeutschland, in Polen, Russland, Preussen, Nordamerika und Asien stark cultivirt. Er findet sich auch in Schweden bis gegen 60 ° n. B.

Die Polargrenze des Tabaks ist auf der nördlichen Halbkugel mit 55 ° und auf der südlichen mit 40 ° Breite anzunehmen.

Die Gräser fordern ein beständiges Klima, wie es an den Westküsten Europas herrscht; aber auch noch Island hat die schönsten Wiesen aufzuweisen.

Die Cultur des Weinstockes wird in Europa nur innerhalb eines schmalen Striches von Westen nach Osten betrieben, dessen nördliche Grenze 50—55 ° n. B. erreicht und in den Alpen durchschnittlich bis 1700' steigt.

Die Polargrenze der Bäume trifft das südliche Grönland, Island und das Nordcap in Skandinavien bei 71 ° n. B.

Unter den Forstbäumen reicht die Birke am weitesten nach Norden (71 °), dann folgen ihr in absteigender Reihe die Kiefer (70 °), Tanne (67 °), Eiche (63 °), Buche (59 °), Kastanie (47 °).

Vergleichende Darstellung der Pflanzen-Zonen und Regionen.

Höhen-Region	über Par. F.	Mitteltemperatur nach A. v. Humboldt.	
IX.	15000	+ 1,5°	Schnee- oder Kryptogamen-Region
VIII.	13300	4,5°	Alpen-Kräuter
VII.	11400	8,5°	Alpen-Sträucher
VI.	9500	13°	Nadel-Hölzer
V.	7600	16°	Sommergrüne Laubhölzer
IV.	5700	19°	Immergrüne Laubhölzer
III.	3800	21°	Myrten und Lorbeere
II.	1900	24°	Farne und Feigen *
I.	0	27,5°	

Entsprechende Zonen	äquatoriale	tropische	subtropische	wärmere Temper.	kältere Temper.	subarctische	arctische	Polar-Zone	Circum-Polar-Zone
Breitegrade . . .	0—15	15—23	23—34	34—45	45—58	58—66	66—72	72—82	82—90
Mitteltemperatur des Jahres nach Dove	28,5 bis 25,9	25,9 bis 23,9	23,9 bis 18,0	18,0 bis 10,4	10,4 bis 0,3	0,3 bis —5,9	—5,9 bis —9,9	—9,9 bis —14,5	—14,5 bis —16,5
Mitteltemperatur während der Vegetationszeit . .	28—26	26—21	21—17	17—8	8—6	6—4	4—2	2—1	1 bis — 0,7

* Palmen-Bananen.

III. Ernährung der Culturpflanzen.

Ist auch die gesteigerte Anhäufung der Pflanzensubstanzen, wegen deren man bestimmte Pflanzen cultivirt, vorzüglich nur durch Züchtung eigener Spielarten in oben angegebener Art möglich, so ist doch nicht in Abrede zu stellen, dass die Landwirthe auch durch die Pflanzennahrung und Art des Anbaues wesentlichen Einfluss auf die Bestandtheile der Culturpflanzen nehmen können. E. Wolff lieferte die Analysen des Strohes von Buchweizen, der theils ungedüngt, theils mit verschiedenen Stoffen gedüngt war; derselbe enthielt an Pflanzensubstanz überhaupt in Grammen: ohne Dungmittel 78, mit Salpeter 130, mit Kali 110, mit schwefelsaurer Magnesia 116, mit Kalk 188. Auch die relativen Mengen der Aschenbestandtheile waren sehr verschieden. Hermbstädt und später Boussingault haben durch Versuche festgestellt, dass der Klebergehalt bei Weizen durch stickstoffhaltige Düngung bei gleichbleibendem Aschengehalt sich um ein Dritttheil steigerte. Gerste, mit frischem Schafmist gedüngt, wird sehr kleberreich und dadurch zur Biererzeugung nicht mehr geeignet.

Dungmittel, welche auf alle Pflanzenbestandtheile zu wirken vermöchten, kennt man noch nicht, so vielfach auch Versuche angestellt wurden. Der Einfluss, den man durch die Zufuhr von Pflanzennahrung zu nehmen im Stande ist, scheint sich doch vorzüglich nur auf die Mineralstoffe der Pflanzen zu beziehen. Gewiss kommen hierbei noch manche andere Verhältnisse in Betracht, über welche noch Vieles aufzuklären bleibt. So zeigte es sich z. B. aus Versuchen von Völcker, dass der Chlorgehalt bei Mangoldwurzeln durch Salzdüngung nicht zugenommen hatte, während nach Grouven's Beobachtungen durch die Düngung mit chlorhaltigen Dungstoffen der Chlorgehalt der Rüben erhöht worden war u. s. w.

Die Ernährung der Culturpflanzen unterliegt im Uebrigen ganz denselben Naturgesetzen, die für die Pflanzen im Allgemeinen aufgestellt wurden. Die Culturpflanzen benöthigen zwar dieselben Stoffe zu ihrer Ernährung, wie die wildwachsenden Pflanzen, schöpfen sie auch aus derselben Quelle wie diese, nur mit dem Unterschiede, dass die Culturpflanzen die Nährmittel in grösserer Menge bedürfen, da ihre Stoffproduction eine gesteigerte ist. Bei einem so gesteigerten Bedarf von Nährmitteln reichen aber die natürlichen Quellen nicht aus und es muss demnach theilweise eine künstliche Zufuhr eintreten. Gibt es auch immerhin einzelne Land-

strecken, welche Zufuhr von Nährmitteln erst in sehr langen Zeiträumen nöthig haben, wie die Bodenarten im Banat, der Polder Hollands und Russlands Tschernoj-sem, so sind das nur Ausnahmen. Als Regel gilt, dass für unsere Culturpflanzen die natürlichen Quellen aller Nährmittel auf die Dauer nicht ausreichen, demnach müssen auch jene von der Natur so reich bedachten Länderstrecken endlich erschöpft und denselben dann gleichfalls künstliche Nahrung zugeführt werden, um entsprechende Ernten liefern zu können.

Die als Pflanzennährmittel dienenden Stoffe wurden bereits aufgeführt. Festhaltend an dem Satze, dass die Natur für eine gesteigerte Stoffproduction, wie sie bei den Culturpflanzen erforderlich ist, nicht von allen jenen Nährmitteln die nöthigen Mengen aus natürlichen Quellen schaffen kann, fragt es sich:

1. Welche Nährstoffe müssen den Culturpflanzen künstlich zugeführt werden?

Um zur Beantwortung dieser Frage zu gelangen, empfiehlt es sich, jeden einzelnen Nährstoff in dieser Beziehung zu prüfen.

Der Kohlenstoff ist insofern der wichtigste Elementarbestandtheil der Pflanzen, als er ziemlich die Hälfte der ganzen trockenen Pflanzensubstanz bildet. Dieser ausserordentlichen Kohlenstoffmenge, welche die Culturpflanzen zu ihrem Gedeihen benöthigen, ungeachtet, ist es doch eben dieser Stoff, um dessen Zufuhr der Landwirth gar nicht besorgt zu sein braucht, da ihn die Natur in unversiegbarer Menge in der Kohlensäure der Luft liefert. Dass in der That der Kohlenstoffgehalt der Pflanzen von der künstlichen Zufuhr unabhängig ist, beweisen die Versuche Boussingault's auch ziffernmässig, denn die Menge des Kohlenstoffes im Dünger steht durchaus in keinem Verhältniss zu dem Kohlenstoff der geernteten Pflanzen. Es verhielt sich vielmehr die Menge des Kohlenstoffes im Dünger zu dem in der Ernte wie 1 zu 2,88. Die Menge des Kohlenstoffes einer Weizenernte betrug im ersten Jahre 867 Pfund; im sechsten Jahre nach der Düngung aber auf der gleichen Fläche 1153 Pfund.

Wir entziehen dem Wiesenlande per Joch (5755 □Mtr.) jährlich etwa 6000 Pfd. Kohlenstoff; wir finden ferner bei jeder abgeschlossenen Wirthschaft, dass dem Boden mit Ausnahme ganz unwesentlicher Mengen kein Kohlenstoff von aussen zugeführt, sondern von der Wirthschaft Kohlenstoff in sehr bedeutender Menge in Form von Getreide, Fleisch, Wolle u. dgl. ausgeführt, endlich ihr auch noch in Folge des Verwesungs- und Verbrennungsprocesses

grosse Quantitäten entzogen werden; und dennoch nimmt der Kohlenstoffgehalt des Wiesen- und Ackerbodens nicht ab, sondern vermehrt sich von Jahr zu Jahr durch die in ihm sich ansammelnden kohlenstoffreichen Reste von Blättern, Stengeln, Wurzeln etc. Somit dürfte denn wohl kein Zweifel sein, dass die Anhäufung des Kohlenstoffes in den Culturpflanzen unabhängig ist von dem Kohlenstoffgehalt des Bodens und dass daher letzterer auch keiner künstlichen Zufuhr von Kohlenstoff bedarf.

Ebenso wenig wie für die Zufuhr des Kohlenstoffes wird der Landwirth für jene des Wasserstoffes und Sauerstoffes zu sorgen haben, da das Wasser beide liefert und Sauerstoff auch durch die Kohlensäure geboten wird. Anders gestaltet sich schon die Sache bei dem

Stickstoff, der in der Form von Ammoniak bei dem in der Natur nie ruhenden Fäulniss- und Verwesungsprocess, doch in weit geringerer Menge als die sich bei der Fäulniss so bedeutend entwickelnde Kohlensäure, erzeugt wird. Luft und Boden enthalten nur sehr geringe Mengen Ammoniak. Wiewohl diese Stickstoffmengen den Culturpflanzen zu gute kommen und demnach kein vollständiger Ersatz der durch die Ernte entzogenen Menge nöthig wird, so erweisen sich im Allgemeinen und auf die Länge der Zeit diese natürlichen Stickstoffquellen zur Erzielung möglichst hoher Ernteträge doch nicht ausreichend und künstliche Zufuhr muss daher erfolgen. Stöckhardt wies durch Versuche nach, dass von den hundert höchsten Erträgen der Rübencultur in sieben verschiedenen Jahren und an 23 verschiedenen Orten etwa 96 auf Düngung mit leicht löslichen Stickstoffverbindungen fielen. Thatsache ist ferner, dass die künstliche Zufuhr stickstoffhaltiger Düngemittel beim Vorhandensein der übrigen nöthigen Nährstoffe immer günstig auf die Ernten wirkt. — Noch ungünstiger verhält es sich mit den

mineralischen Nährstoffen, deren natürliche Quelle der Boden ist. Ist der Vorrath an disponiblen mineralischen Nährstoffen erschöpft, so kann nur die Verwitterung wieder Stoffe verfügbar machen, wenn solche in den noch unverwitterten Theilen des Bodens überhaupt vorhanden sind, was aber keineswegs immer oder überall der Fall ist. Diese Zufuhr genügt aber nur in den seltensten Fällen und eine künstliche Ergänzung wird nothwendig, sie darf um so weniger unterbleiben, je unbedeutendere Mengen der, wenn auch stets thätige doch nur langsam wirkende, Verwitterungsprocess löslich macht. Je geringer der Gehalt an nothwendigen Mineralstoffen in dem noch unverwitterten Theile der Krume ist, um so früher muss der Ersatz erfolgen; so wird er z. B. bei

dem aus Quarz entstandenen Boden weit früher nöthig werden, als beim Basaltboden.

Auf welche von den Mineralstoffen der Landwirth vorzüglich beim Ersatz Rücksicht zu nehmen hat, wird sich später noch ergeben.

2. Welche Nährstoffe der Culturpflanzen sind für den Landwirth die werthvollsten?

Ist auch das Vorhandensein aller Nährstoffe im Boden für das Gedeihen der Culturpflanzen unerlässlich, so kommt den einzelnen thatsächlich doch ein verschiedener Werth zu. Je nachdem diese Stoffe in besonders bedeutenden oder geringeren Mengen durch die Pflanzen entzogen, ferner je nachdem diese Nährstoffe aus erschöpflicher oder unerschöpflicher Quelle geliefert werden und überhaupt in grösseren oder geringeren Mengen im Boden oder in der Luft vorhanden sind, endlich je nachdem sie dem Boden schwerer oder leichter wieder ersetzt werden können, sind sie für den Landwirth ungleichwerthig. Eisen z. B. hat für den Landwirth nur sehr geringen Werth, weil es nur in unbedeutenden Mengen dem Boden entzogen wird, der davon meist genügenden Vorrath hat; Alkalien hingegen werden sehr stark verbraucht, sind aber meist nur in sehr geringen Mengen im Boden vorhanden und können ihm auch nur schwierig und kostspielig wieder ersetzt werden; dasselbe gilt von der Phosphorsäure. Es müssen daher Alkalien und Phosphorsäure für den Landwirth einen viel grösseren Werth haben, als Eisen oder der unerschöpflich gelieferte Kohlenstoff. In Berücksichtigung dieser Umstände ergibt sich also, dass Alkalien, Phosphorsäure, Stickstoff und Kalkerde, hier ihrer Wichtigkeit nach geordnet, jene Nährstoffe sind, welchen der Landwirth seine thatkräftige Aufmerksamkeit zu widmen und sie dem Boden stets wieder zu ersetzen hat.

Vergleicht man ferner die zwei Hauptgruppen der Nährstoffe — die mineralischen und die organischen — gleichfalls ihrem relativen Werthe nach, so beanspruchen die ersteren einen höheren Werth, denn ohne die künstliche Zufuhr organischer Nährstoffe wird die Existenz der Pflanze nicht gefährdet, obwohl ohne Stickstoffzufuhr die Erträge in den meisten Fällen kaum entsprechend ausfallen werden. Wenn aber bei Mangel mineralischer Nährstoffe im Boden deren Zufuhr unterbleibt, so würde schon die Existenz der Pflanze bedroht.

Der Landwirth muss demnach dem Vorhandensein der minera-

lischen Nährstoffe die vollste Aufmerksamkeit widmen, ohne sich deshalb zu ihrer Ueberschätzung verleiten zu lassen; er braucht sein Stroh nicht zu verbrennen, um mit dessen Asche zu düngen, ebenso wenig darf er die Mistdüngung als zwecklos verwerfen und die mineralischen Nährmittel ausschliesslich als Dungmittel betrachten. Es wäre dies ebenso irrig, als den Lehren der einstigen „Stickstofftheoretiker" folgend, den Stickstoff für das einzig wichtige Dungmittel, für den Schwerpunkt zu halten, um den sich die ganze Düngerlehre dreht.

Nebstdem dass die Nährstoffe ernährend, also direct günstig auf die Culturpflanzen wirken, können sie auch einen weiteren, indirect günstigen Einfluss auf die Ernährung und das Gedeihen der Pflanze nehmen.

3. Wie nehmen die Nährstoffe indirect günstigen Einfluss auf die Ernährung und das Gedeihen der Culturpflanzen?

Dieser indirecte Einfluss ist nicht zu unterschätzen. In erster Reihe steht der wohlthätige und vielseitig wirkende Einfluss des Wassers als Lösungs-, Verbreitungs- und Fortbewegungsmittel für die Nährstoffe im Boden, als Vermittelungsmedium für die Aufnahme, Circulation und Vertheilung derselben in den Pflanzen und als Beförderungsmittel der Verwesung und Verwitterung.

In zweiter Reihe sind die organischen Substanzen zu nennen, welche indirect dadurch günstig wirken, dass sie 1) die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbessern, 2) durch ihre Verwesung die mineralischen Nährstoffe: Ammoniak und Kohlensäure liefern und in Folge dessen 3) die Verwitterung befördern.

Aus diesen mannigfachen indirecten Wirkungen erklärt sich die Nothwendigkeit organischer Substanzen als Dungmittel, sowie die Wahrnehmung, dass mineralische Nährstoffe in inniger Verbindung mit organischen Substanzen stets von besserer Wirkung sind, als ohne solche. Freilich muss die Form, in welcher die Mineralstoffe aus organischen Substanzen frei werden, eine derartige sein, dass sie durch die Pflanzen leicht aufgenommen werden können. Es wird aus alle dem einleuchten, warum die nach dem Verbrennen von Stallmist als Asche zurückbleibenden mineralischen Nährmittel keineswegs dieselbe günstige Wirkung ausüben können, wie wenn der Stalldung als solcher auf die Felder gebracht wird.

Es wirken aber auch mineralische Stoffe im Boden indirect günstig, wenn auch nicht in so umfänglichem und reichlichem Maasse, wie die organischen Substanzen. Ein schwerer, an Kalk

erschöpfter Thonboden z. B., der gekalkt wurde, ist nicht etwa durch den Ersatz allein verbessert, sondern er hat dadurch auch eine günstigere Bodenbeschaffenheit erfahren, indem die Kalkung den Thon lockert, die Verwesung, Verwitterung und Salpeterbildung befördert und hierdurch Nährstoffe disponibel macht. Ferner wirken fast alle Salze lösend auf sonst unlösliche Mineralstoffe. Bodenwasser, welches als eine, wenn auch ungemein verdünnte Lösung verschiedener Salze angesehen werden muss, löst stets mehr Bodenbestandtheile auf, als reines (destillirtes) Wasser. Es wurde namentlich von Liebig hervorgehoben, dass ebenso, wie die im Wasser absorbirte Kohlensäure, auch Kochsalz, Chilisalpeter (salpetersaures Natron) und Ammoniaksalze lösend auf den sonst unlöslichen phosphorsauren Kalk und andere unlösliche Stoffe wirken.

Nicht unerwähnt darf schliesslich bleiben, dass gewisse Salze, als: rohes Kochsalz, Stassfurter Abraumsalz, Chlorcalcium u. a. m. insofern indirecten Einfluss auf die Ernährung nehmen, als sie Wasser aus der Atmosphäre anziehen und den Boden feucht erhalten.

4. In welchen Verbindungen müssen die Nährstoffe den Culturpflanzen zugeführt werden?

Die Verbindungsform, in welcher die Nahrungsmittel geboten werden, ist für die Aufnahmsfähigkeit der Nährstoffe durch die Pflanzen keineswegs gleichgiltig. Für jedes einzelne der mineralischen Nährmittel kann sie leider bei dem hierüber noch lückenhaften Wissen nicht bezeichnet und muss diesfalls auf das S. 282 u. 284 Gesagte verwiesen werden. Nur so viel lässt sich annehmen, dass die mineralischen Nährmittel im Bodenwasser unmittelbar löslich oder doch von solcher Beschaffenheit sein müssen, dass sie mit Hilfe des Verwesungs- und Verwitterungsprocesses leicht löslich werden. In solcher leicht löslichen Beschaffenheit befinden sich die mineralischen Nährstoffe der organischen Substanzen nach deren Verwesung im Boden.

Schon viel bestimmter kann die Verbindungsform angegeben werden, in welcher der Stickstoff den Culturpflanzen geboten werden muss. Es sind dies: Ammoniaksalze, salpetersaure Salze und leicht zersetzbare stickstoffhaltige organische Substanzen.

Unerlässliche Bedingung ist aber, dass alle Nährstoffe in den gebotenen Lösungen nur höchst verdünnt sein dürfen. Werden sie in zu concentrirter Form den Pflanzen dargeboten — die Grenze ist für die einzelnen Stoffe und die einzelnen Culturpflanzen noch

nicht sicher gestellt, — so wirken sie nicht nur nicht nützlich, sondern schädlich, der Pflanzenorganismus verträgt sie nicht. So wirken z. B. kohlensaures Ammoniak und kohlensaures Kali, die doch wichtige Nährmittel sind, auf viele Pflanzen schon schädlich ein, wenn sie sich im Bodenwasser nur in so unbedeutender Menge finden, dass sie Curcumapapier deutlich bräunen. Daher erklärt sich auch, warum Jauche nicht unmittelbar als Dungmittel auf Wiesen verwendet werden darf, während sie in mit Wasser stark verdünntem Zustande die besten Dienste leistet. Der Landwirth pflegt den ungünstigen Einfluss von zu wenig verdünnten Dungmitteln als „verbrennend" oder „beizend" zu bezeichnen, welche ungünstige Wirkung sich schon beim Keimen zeigen kann.

5. In welchen Mengen sind die einzelnen Nährstoffe den Culturpflanzen zu bieten?

Was die Mengen der gasförmigen Nährstoffe, Sauerstoff und Kohlensäure, betrifft, so stehen dieselben im rechten Verhältniss und genügender Menge der Pflanze ohne unser Zuthun zur Verfügung und nur aus physikalischen Rücksichten ist zu bemerken, dass wenn der Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Luft, in welcher Pflanzen vegetiren, einen gewissen Procentsatz überschreitet, Störungen in den wichtigsten Lebensprocessen der Pflanze eintreten.[1])

Die Menge des in den atmosphärischen Niederschlägen den Pflanzen gebotenen Stickstoffes ist sehr verschieden. Nach den vorliegenden Untersuchungen schwankt die Menge der im Regen befindlichen Salpetersäure von 0,5 Milliontel bis 6,2 Milliontel, die des Ammoniaks von 0,65 Milliontel bis 6,8 Milliontel; im Schnee die Menge der Salpetersäure von 0,43 Milliontel bis 12,3 Milliontel und des Ammoniaks von 0 bis 6,0 Milliontel. Im Thau fand Boussingault 3,1 — 6,2 Milliontel Ammoniak. Auf den preussischen Versuchsstationen fand man im Durchschnitt dreijähriger Beobachtungen pro 1 Jahr und Hectar im Regen- und Schneewasser als Mittel 11,5 Kilogrm., eine Menge, die es erklärlich macht, dass auf reinem Mineralboden die Culturpflanzen nicht üppig gedeihen. Eine künstliche Zufuhr von Stickstoff, resp. ein Stickstoffersatz dürfte trotzdem nicht immer nothwendig sein, da selbst eine den Boden aufs Aeusserste in Anspruch nehmende Wirthschaftsweise in Folge

1) J. Böhm beobachtete, das bei der Kresse schon durch 2% Kohlensäure die Chlorophyllbildung verlangsamt, durch 20% verhindert wird, bei 33% die Leinpflanzen noch schwach grün werden, bei 50% die Gräser noch Spuren einer Ergrünung zeigen.

der verbleibenden Rückstände, des Strohes u. s. w. zu einer Stickstoffbereicherung des Ackers führt.

Welche Wassermengen zur Production eines Maximums organischer Materie dem Boden resp. der Pflanze zugeführt werden müssen, ist schon an anderer Stelle (S. 289) erörtert worden. Dass die Menge des durch Regen, Schnee und Thau der Pflanze zur Verfügung stehenden Wassers auf den Ernteertrag von der wesentlichsten Bedeutung ist, weiss jeder Landwirth. Trockene, mässig feuchte und nasse Jahre zeigen nicht nur sehr grosse Differenzen in der Quantität, sondern auch in der Qualität der Producte.[1])

Ueber die Mengen anorganischer Nährstoffe, welche in Minimo den Culturpflanzen geboten werden müssen, um ein Maximum an pflanzlicher Materie zu liefern, liegen bis nun nur sehr vereinzelte Untersuchungen von Hellriegel, Fittbogen und Wolff vor, deren auch an anderer Stelle gedacht wurde. Im grossen Ganzen wird sich der Landwirth zunächst an die Ernteresultate zu halten haben und so viel der neuen Generation von Culturpflanzen wieder zur Verfügung stellen, als er durch die Ernte dem Boden entnommen hat. Wie viel dies von den einzelnen Nährstoffen ist, hängt von mannigfachen Verhältnissen, besonders vom Standort[2]) und Klima ab, und die chemische Analyse ist das Mittel, um die Quantitäten ziffernmässig zu eruiren.

Nachstehende Tabelle gibt die durch die Ernten der verschiedenen Culturpflanzen dem Boden entzogenen Mineralstoffmengen an:

---

1) Man vergl. „Der Einfluss der Trockenheit des Jahres 1870 auf die Ernten in Rothamsted". Centralbl. f. Agriculturchem. 1876. Nov. S. 340.

2) Weber fand bei seinen Untersuchungen über den Einfluss des Standortes auf die Zusammensetzung der Asche von Lärchen, dass der Aschengehalt ein absolut grösserer wird, wenn die Lärche im Flachland oder Mittelgebirge wächst, dass also zur Erzeugung von gleichviel verbrennlicher Substanz in den Nadeln die Lärche immer mehr mineralische Nährstoffe (namentlich Kali und Phosphorsäure) bedarf, je weiter sie von dem Gebirge, ihrer Heimath, in die Ebene hinabsteigt. Man kann also nicht den Schluss ziehen, dass die Lärche, weil sie im Gebirge oft auf dem magersten Steingerölle fortkommt, auch im Flachlande eine „genügsame Holzart" sei und mithin in die Sandebenen gehöre. Aehnliches dürfte auch für andere Pflanzen gelten.

Tabelle

über

die durch die Ernten dem Boden entzogenen Mengen anorganischer Bestandtheile.

Gewächse.	Ertrag vom Hectar an Körnern, Wurzeln, Stroh, Bast etc.					
	Neuscheffel à 50 Liter			Kilogramm		
	Minim.	Maxim.	Mittel	Minim.	Maxim.	Mittel
Halmgetreide:						
Winterweizen, Körner	43,03	64,54	58,78	1555,39	2495,08	2273,50
„ Stroh	—	—	—	3132,8	4699,2	3916,0
Sommerweizen, Körner	34,42	51,64	43,03	1346,85	2020,67	1683,76
„ Stroh	—	—	—	2349,6	3916,0	3132,8
Winterspelz, Körner o. Sp.	34,42	68,85	51,63	1284,21	2568,79	1926,50
„ Stroh	—	—	—	2741,2	3916,0	3328,6
Winterroggen, Körner	34,42	51,64	43,03	1252,88	1879,69	1566,29
„ Stroh	—	—	—	3916,0	7832,0	5874,0
Sommerroggen, Stroh	—	—	—	1566,4	2937,0	2251,7
Zweizeil. Gerste, Körner	43,03	68,85	55,94	1370,50	2192,87	1781,68
„ „ Stroh	—	—	—	1566,4	2741,2	2158,8
Vierzeil. Gerste, Körner	34,42	60,24	47,33	1002,31	1754,18	1378,24
„ „ Stroh	—	—	—	1174,8	2349,6	1762,2
Wintergerste, Körner	68,85	103,2	86,02	2004,91	3005,18	2505,04
Hafer, Körner	68,85	103,2	86,02	1566,33	2347,8	1957,06
„ Stroh	—	—	—	2349,6	3524,4	5874,0
Mais, Körner	43,03	129,09	86,06	1566,29	4698,87	3132,58
„ Stroh	—	—	—	3916,0	5874,0	4895,0
Hirse, Körner	25,82	60,24	43,03	822,36	1918,64	1370,50
Buchweizen, Körner	25,82	51,64	38,73	822,36	1644,73	1233,55
„ Stroh	—	—	—	2349,6	3132,8	2741,2
Hülsenfrüchte:						
Erbse, Körner	25,82	51,64	38,73	1033,83	2067,66	1550,74
„ Stroh	—	—	—	1566,4	3524,4	2545,4
Linse, Körner	17,21	34,42	25,81	689,08	1378,17	1033,63
Wicke, Körner	25,82	43,03	34,42	1033,83	1722,92	1378,37
„ Stroh	—	—	—	1174,8	3132,8	2153,8

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen:

Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
Kilogramm.									
327,45	47,29	38,43	12,05	0,90	1,36	4,54	17,96	0,22	0,90
559,98	18,79	180,52	24,67	2,34	10,57	4,30	8,61	4,30	122,17
887,44	66,09	218,95	36,72	3,25	11,93	8,85	26,57	4,53	123,08
240,81	34,52	30,81	9,26	0,67	0,84	3,70	14,99	0,50	0,50
448,01	17,54	119,36	34,49	3,13	8,14	2,81	6,26	3,75	119,36
688,83	52,06	150,18	43,75	3,80	8,98	6,52	21,25	4,20	119,87
275,56	42,39	27,36	9,82	0,96	0,77	3,27	11,56	—	0,38
476,04	13,31	166,78	17,31	0,99	9,65	3,99	8,65	3,99	119,84
751,60	55,71	194,14	27,13	1,96	10,42	7,27	20,21	3,99	120,22
223,93	27,56	28,03	8,76	0,46	0,78	3,28	13,15	0,31	0,62
839,98	23,49	237,89	45,81	5,28	20,55	6,46	12,33	6,46	134,51
1063,91	51,05	265,92	54,58	5,75	21,34	9,75	25,48	6,77	135,14
322,03	12,61	104,94	25,22	—	9,45	4,05	6,75	2,70	58,77
254,82	28,51	39,56	8,01	1,06	1,06	3,38	13,72	0,71	10,87
308,73	13,81	89,16	20,29	3,67	6,90	2,37	3,02	3,23	46,41
563,56	42,32	128,72	28,31	4,73	7,97	5,76	16,74	3,95	57,28
197,05	22,04	30,59	6,20	0,82	0,82	2,61	10,61	0,55	8,40
251,96	11,27	72,77	16,56	2,99	5,63	1,93	3,34	2,64	37,88
449,02	33,32	103,36	22,76	3,82	6,46	4,55	13,95	3,19	46,28
363,22	40,08	42,58	6,51	1,75	0,50	5,26	14,02	1,50	12,27
279,85	37,57	52,83	8,61	1,17	1,95	3,71	12,13	0,78	23,48
839,98	32,89	237,30	52,27	7,04	21,14	9,39	11,16	7,63	115,13
1119,83	70,46	290,14	60,88	8,22	23,10	13,11	23,29	8,41	138,61
451,15	50,12	40,72	11,59	0,62	0,93	6,26	18,48	0,62	0,62
734,25	23,49	205,10	46,99	5,87	17,62	7,83	9,30	6,36	95,94
1185,40	73,62	245,82	58,58	6,50	18,56	14,09	27,78	6,99	96,56
191,94	27,83	39,85	4,66	0,54	0,27	3,97	8,08	0,13	27,14
172,76	17,76	14,56	3,33	0,86	0,61	1,85	7,03	0,24	0,12
438,56	35,63	141,70	66,33	3,01	26,03	5,20	16,72	7,40	7,94
611,32	53,40	156,27	69,66	3,87	26,65	7,05	23,75	7,64	8,07
221,79	55,52	36,44	15,19	0,31	0,31	2,94	13,33	1,24	0,31
407,20	26,46	111,98	25,70	4,58	41,22	8,90	8,90	6,87	7,63
628,99	81,99	148,42	40,90	4,89	41,53	11,85	22,24	8,11	7,94
138,55	—	18,61	7,96	1,86	0,93	0,41	5,37	—	0,20
197,05	60,63	36,93	11,16	2,89	2,89	3,30	13,78	1,37	0,41
344,64	25,84	94,99	13,57	14,86	33,60	7,96	5,81	7,10	7,75
541,69	86,48	131,92	24,73	17,75	36,49	11,27	19,59	8,48	8,16

Gewächse.	Ertrag vom Hectar an Körnern, Wurzeln, Stroh, Bast etc.					
	Neuscheffel à 50 Liter			Kilogramm		
	Minim.	Maxim.	Mittel	Minim.	Maxim.	Mittel
Pferdebohne, Körner	34,42	68,85	51,63	1409,49	2819,40	2114,45
„ Stroh	—	—	—	2349,6	4699,2	3524,4
Phaseole, Körner	25,82	51,64	38,73	1033,83	2067,66	1550,74
„ Stroh	—	—	—	979,0	1566,4	1272,7
Lupine (gelbe), Körner	17,21	51,64	34,42	704,74	2114,65	1409,70
„ „ Stroh	—	—	—	1566,4	1958,0	1762,2
Lupine (blaue), Körner	25,82	51,64	38,73	939,84	1879,69	1409,77
„ „ Stroh	—	—	—	1958,0	2937,0	2447,5
Oelgewächse:						
Winterraps, Körner	34,42	60,24	47,33	1174,58	2055,69	1615,13
„ Stroh	—	—	—	3132,8	3916,0	3524,4
Sommerrübsen, Körner	17,21	25,82	21,51	516,81	775,37	646,09
Senf, Körner	21,62	34,42	28,02	688,59	1096,27	892,43
Mohn, Körner	25,82	43,03	34,25	758,46	1264,00	1011,23
„ Stroh	—	—	—	1958,0	2741,2	2349,6
Lein, Körner	12,91	34,42	23,66	422,15	1125,53	773,84
„ Stengel	—	—	—	2349,6	3916,0	3132,8
Hanf, Körner	17,21	43,03	30,12	391,52	978,93	685,23
„ Stengel	—	—	—	3132,8	5874,0	4503,4
Madia, Körner	25,82	43,03	34,42	704,88	1174,71	939,80
Futtergewächse:						
Luzerne, Heu	—	—	—	5874,0	9790,0	7832,0
Esparsette, Körner mit Hülsen	43,03	68,85	55,94	704,83	1127,76	916,29
„ Heu	—	—	—	2937,0	4895,0	3916,0
Rother Klee, Körner	8,60	12,91	10,75	324,77	487,54	406,16
„ „ Stroh von Samenklee	—	—	—	3916,0	5874,0	4895,0
Weisser Klee, Körner	6,45	12,91	9,68	246,51	493,42	369,96
„ „ Heu	—	—	—	1958,0	2937,0	2447,5
Inkarnatklee, Heu	—	—	—	2349,6	3524,4	2937,0

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen:

Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
				Kilogramm.					
306,53	86,25	64,89	27,69	0,84	3,17	4,65	25,15	1,69	0,42
563,84	57,44	154,70	65,19	3,87	34,53	11,62	11,27	5,63	11,27
870,37	143,69	219,60	92,88	4,72	37,70	16,25	36,43	7,32	11,69
232,65	60,48	42,49	18,61	0,62	2,79	3,10	15,04	1,70	0,31
203,68	—	50,92	16,29	4,07	14,13	3,18	4,96	2,16	2,41
436,33	—	93,41	34,90	4,69	16,92	6,28	20,00	3,87	2,72
183,30	79,80	48,08	14,38	0,14	4,23	5,64	20,16	2,11	0,28
281,92	16,56	72,94	14,09	4,58	26,07	6,34	6,51	5,28	3,70
465,22	96,36	121,02	28,47	4,72	30,30	11,98	26,68	7,40	3,98
183,30	79,80	48,08	14,38	0,14	4,23	5,64	20,16	2,11	0,28
391,68	23,01	101,34	19,58	6,36	36,23	8,81	9,05	7,34	5,14
574,98	102,81	149,42	33,96	6,50	40,46	14,45	29,22	9,45	5,42
190,57	50,38	63,14	15,50	0,96	8,88	7,42	26,64	1,45	0,80
563,84	19,73	143,77	39,11	13,39	40,87	8,81	8,45	10,92	9,16
754,41	70,12	206,92	54,62	14,36	49,76	16,23	35,10	12,37	9,96
77,52	—	22,54	4,97	—	3,35	3,03	9,62	1,48	—
115,96	—	32,55	5,26	1,78	6,24	3,30	13,02	1,60	0,80
148,61	28,30	53,48	7,27	0,50	18,90	5,05	16,78	1,01	1,71
376,0	—	114,21	43,24	1,41	34,54	7,28	3,76	5,87	12,92
524,61	—	167,69	50,51	1,91	53,44	12,34	20,54	6,88	14,64
91,33	25,38	25,23	7,74	0,54	2,01	3,63	10,44	0,61	0,30
438,62	—	95,24	29,45	7,83	21,30	6,16	12,53	6,16	5,32
529,95	—	120,47	37,19	8,37	23,31	9,80	22,98	6,78	5,63
83,57	17,87	31,03	6,43	0,27	7,46	1,78	11,57	0,06	3,76
675,45	—	149,49	20,71	3,15	91,41	10,80	10,35	3,15	15,76
759,02	—	180,53	27,15	3,42	98,87	12,58	21,93	3,22	19,52
69,56	—	42,30	4,13	4,88	3,38	7,70	24,25	—	—
1253,12	180,13	486,36	119,82	10,18	205,19	25,84	43,07	28,97	29,76
146,56	—	35,17	10,07	1,00	11,26	2,38	8,42	1,09	0,27
653,97	83,41	179,35	50,90	5,87	65,78	11,74	18,01	5,48	14,48
60,90	12,38	15,54	5,48	0,16	1,01	1,98	5,88	0,36	0,20
734,25	—	293,7	135,34	5,09	67,74	37,10	25,01	4,06	4,25
795,15	—	309,24	140,82	5,25	68,76	39,09	30,90	4,42	4,46
55,50	—	12,50	4,55	0,07	0,92	1,44	4,29	0,59	0,29
403,92	56,79	146,39	24,72	11,01	47,24	14,68	20,56	11,99	6,12
409,47	57,27	148,90	34,36	12,62	46,99	9,10	10,57	3,81	24,08

Gewächse.	Ertrag vom Hectar an Körnern, Wurzeln, Stroh, Bast etc.					
	Neuscheffel à 50 Liter			Kilogramm		
	Minim.	Maxim.	Mittel	Minim.	Maxim.	Mittel
Wundklee, Heu	—	—	—	3132,8	3916,0	3524,4
Hopfenluzerne, Heu	—	—	—	2349,6	3132,8	2741,2
Spörgel, Heu	—	—	—	1566,4	2349,6	1958,0
Futtergewächse:						
Kartoffeln, Knollen	—	—	—	11748,0	15664	13706
„ Kraut	—	—	—	979	1958	1468,5
Futterrunkeln, Wurzel	—	—	—	29370	58740	44055
„ Blätter	—	—	—	7832	15664	11748
Zuckerrüben, Wurzel	—	—	—	23469	35244	29370
„ Blätter	—	—	—	5874	7832	6853
Tobinambur, Knollen	—	—	—	5874	9790	7832
„ Kraut	—	—	—	3916	5874	4895
Kohlrüben, Wurzel	—	—	—	29370	48950	39160
„ Blätter	—	—	—	5874	9790	7832
Wasserrüben, Wurzel	—	—	—	19580	39160	29370
„ Blätter	—	—	—	3916	7832	5874
Moorrüben, Wurzel	—	—	—	39160	78320	58740
„ Blätter	—	—	—	5874	7832	6853
Kopfkohl	—	—	—	39160	58740	48950
Gewürzpflanzen:						
Hopfen	—	—	—	293,7	587,4	440,55
Cichorie	—	—	—	1148,0	23496,0	17622,0
Fabrikpflanzen:						
Tabak	—	—	—	1958	2937	2447,5
Gräser:						
Engl. Raygras, Heu	—	—	—	2349,6	3132,8	2741,2
Timotheegras, Heu	—	—	—	1958	2937	2447,5

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen:

Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
				Kilogramm.					
588,50	77,88	196,28	41,93	4,58	114,88	7,40	15,15	3,52	5,28
429,52	—	156,79	55,20	14,44	48,98	14,91	14,49	7,07	6,11
326,98	37,59	111,21	38,96	9,00	21,34	13,51	16,44	3,91	1,56
10279,5	46,60	128,83	78,12	2,74	2,74	5,48	21,92	8,22	2,74
1131,13	7,19	28,93	6,31	0,58	9,40	4,84	2,35	1,90	1,32
11410,63	53,79	157,77	84,44	3,32	12,14	10,33	24,28	10,13	4,06
38768,4	79,29	330,41	180,62	52,86	13,21	13,21	26,43	8,81	8,81
10631,94	35,24	165,64	48,16	34,02	18,79	15,27	9,39	9,39	5,87
49400,34	114,54	496,05	228,79	86,89	32,01	28,48	35,83	18,20	14,68
23936,55	46,99	208,52	114,54	20,55	11,74	14,68	23,49	8,81	2,93
6147,14	20,55	124,03	44,54	18,50	18,50	18,50	8,90	6,16	4,79
30083,69	67,55	332,56	159,08	39,06	30,25	33,18	32,40	14,97	7,73
6265,6	25,06	76,75	36,81	7,83	2,34	2,34	10,96	3,91	7,83
3916,0	25,94	70,97	15,17	0,97	24,47	6,36	3,42	0,97	17,62
40181,6	51,00	147,73	51,98	8,81	26,82	8,71	14,39	4,89	25,45
34069,2	82,23	454,25	184,05	46,99	50,90	11,74	66,57	58,74	3,91
6657,2	36,02	198,14	28,97	7,83	65,78	7,83	20,36	23,49	20,36
40726,4	118,26	652,40	213,03	54,82	116,69	19,58	86,93	82,23	24,27
27020,4	52,86	214,40	96,92	20,55	23,49	8,81	26,43	23,49	2,93
5274,85	17,62	69,90	16,44	6,46	22,90	2,93	5,28	6,46	2,93
32295,25	70,48	284,30	113,36	27,01	46,40	11,74	31,71	29,95	5,87
49929,0	129,22	458,17	164,47	90,85	52,86	23,49	58,74	29,37	11,74
5632,86	34,95	178,17	19,87	35,63	58,24	6,16	8,22	13,70	19,87
55561,86	164,17	636,35	184,34	135,49	111,11	29,65	66,96	43,07	31,62
43565,5	117,48	783,20	308,38	44,05	151,74	29,37	68,53	117,48	9,79
52,92	—	29,45	10,14	0,61	4,89	1,63	4,93	10,58	4,89
14097,6	44,05	118,06	45,81	19,38	8,81	5,28	14,09	8,81	5,28
440,64	—	369,64	74,17	12,48	153,73	43,32	11,75	14,19	33,04
391,96	44,67	159,52	55,36	5,48	11,78	3,56	16,99	6,30	50,70
350,06	37,94	152,02	49,93	3,67	11,01	4,65	17,62	4,40	54,10

Bei den vorstehenden Tabellen ist wohl im Auge zu behalten, dass alle Angaben auf Durchschnittsberechnungen beruhen und nur als annähernd richtige Zahlen zu betrachten sind, da die absoluten Mengen der entzogenen Stoffe theils nach dem Ernteergebniss, theils nach der betreffenden, der Berechnung zu Grunde gelegten Analyse sich ändern müssen.

Ueberblicken wir die einzelnen Zahlen der Stoffentnahmen auf dieser Tabelle, so finden wir, dass die Gesammtmengen sowohl an mineralischen Nährstoffen wie an Stickstoff, je nach der Art der Culturpflanzen, auch sehr verschiedene sind, wie sich dies auch in der Praxis, z. B. auf einem und demselben theils mit Rüben theils mit Weizen bebauten Felde zeigen wird. Berücksichtigen wir zunächst die Gesammtmengen der mineralischen Nährstoffe, so werden die grössten Mengen derselben durch die Hackfrüchte verbraucht; denn während hiervon die Kohl-Rübe per Hectar 652 Kilo entzieht, beläuft sich der Bedarf für Weizen auf 218 Kilo. Stellen wir den Gesammtverbrauch der mineralischen Nährstoffe per Hectar und Kilo in abnehmender Reihe zusammen, so ergibt sich für:

Kopfkohl . . .	783,20	Kilogr.	Esparsette . . .	179,35	Kilogr.
Kohlrüben . . .	652,40	„	Mohn	167,69	„
Moorrüben . . .	636,35	„	Kartoffeln . . .	157,77	„
Futterrunkel . .	496,05	„	Buchweizen . . .	156,27	„
Luzerne	486,36	„	Sommer-Weizen .	150,18	„
Tabak	369,64	„	Lupinen, blau . .	149,42	„
Zuckerrübe . . .	332,56	„	Incarnatklee . .	148,90	„
Hafer	290,14	„	Erbsen	148,42	„
Wasserrüben . .	284,30	„	Tobinambur . .	147,73	„
Winter-Roggen .	265,92	„	Weissklee . . .	146,39	„
Mais	245,82	„	Wicken	131,92	„
Pferdebohne . .	219,60	„	Zweizeilige Gerste	128,72	„
Winter-Weizen .	218,95	„	Lupine, gelbe . .	121,02	„
Winter-Raps . .	206,92	„	Lein	120,47	„
Wundklee . . .	196,28	„	Spörgel	111,21	„
Winter-Spelz . .	194,14	„	Vierzeilige Gerste	103,36	„
Hanf	180,53	„	Bohne	93,41	„

Dagegen zeigt der absolute Bedarf an Stickstoff bei Hülsen- und Hackfrüchten die höchsten Ziffern; er beträgt oft mehr als das Doppelte gegen jenen der Körnerfrüchte, Wiesen- und Luzernheu. Ordnen wir die in den Ernten per Hectar enthaltenen Stickstoffmengen in abnehmender Zahlenreihe, so ergibt sich für:

Luzerne . . .	180,13	Kilogr.	Lupine, blaue . .	102,81	Kilogr.
Moorrüben . . .	164,17	„	Lupine, gelbe . .	96,36	„
Pferdebohne . .	143,69	„	Wicken	86,48	„
Kopfkohl . . .	117,48	„	Erbsen	81,99	„
Futterrunkel . .	114,54	„	Mais	73,62	„

Hafer	70,46 Kilogr.	Sommer-Weizen . .	52,06 Kilogr.
Winter-Raps . .	70,12 „	Winter-Roggen . .	51,05 „
Zuckerrüben . . .	67,55 „	Zweizeilige Gerste .	42,32 „
Winter-Weizen . .	66,09 „	Vierzeilige Gerste .	33,32 „
Winter-Spelz . . .	55,71 „	Mohn	28,30 „
Kartoffeln	53,79 „	Lein	25,38 „
Buchweizen . . .	53,40 „	Hanf	17,87 „

Aber auch die aufgenommenen Mengen der einzelnen mineralischen Nährstoffe zeigen sich je nach der Art der Pflanzen höchst verschieden.

Ueber den Bedarf an Schwefelsäure zeigen die Analysen sehr unregelmässige Schwankungen, nach deren Durchschnittszahl diese Säure in etwas bedeutenderen Mengen nur durch Raps, Rüben, Hülsenfrüchte, Hirse und Buchweizen dem Boden entzogen zu werden scheint.

Nachfolgende Uebersicht zeigt den überwiegenden Verbrauch an einzelnen mineralischen Nährmitteln in abnehmender Reihenfolge geordnet:

Alkalien.	Kalk und Magnesia.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.
Rüben	Hanf	In Menge keinen der anderen Nährstoffe überwiegend.	Weizen
Rothkleeheu	Tabak		Wiesenheu
Mais	Mohn		Hirse
Kartoffeln	Luzerne		Hafer
Wicke	Wicke		Roggen
Raps	Erbsen		Gerste
Bohne	Hirse		
Lein	Esparsette		
Hopfen	Buchweizen		
Wein	Linse		

Was endlich die Entnahme an einzelnen Nährstoffen durch die verschiedenen Pflanzen-Theile anbelangt, so zeigen sich auch hier wieder bedeutende Verschiedenheiten.

Will man daher die Felder in gleicher Fruchtbarkeit erhalten, so müssen die Nährstoffe nicht nur der Art, sondern auch der Menge nach durch künstliche Zufuhr ersetzt werden; soll aber eine Ertragssteigerung eintreten, so müssen wir den Feldern noch mehr als den blossen Ersatz bieten.

Obwohl nun solche Zufuhren zur Erhaltung oder auch Steigerung der Fruchtbarkeit allein noch nicht ausreichen, weil hierzu auch die Erfüllung aller sonstigen zur Fruchtbarkeit erforderlichen Bedingungen nothwendig ist, so bleibt die Nährstoffzufuhr doch eine der wichtigsten dieser Bedingungen und darf demnach unter keinen Umständen vernachlässigt werden.

IV. Aeussere Einflüsse auf die Vegetation.

Bei Betrachtung der Pflanze bemerkten wir schon im Allgemeinen, dass auf das Pflanzenleben verschiedene äussere Einflüsse theils günstig, theils nachtheilig wirken. Es erscheint nun nöthig, die Wirkung jener Einflüsse speciell auf unsere Culturpflanzen näher darzulegen.

Die Bedingungen zum vollen Gedeihen der Culturpflanzen sind durch das Vorhandensein der Nährstoffe in entsprechender Menge und Verbindung noch keineswegs erfüllt, das Gedeihen ist noch durch andere und äussere Umstände bedingt; erst aus dem vereinigten Zusammenwirken aller Bedingungen wird die vollständige Wirkung der Nährstoffe gesichert. Diese nicht genug zu wiederholende Wahrheit ist durch eine Reihe von Thatsachen aus der Praxis bestätigt. Fragen wir: warum ist die Wirkung des gleichen Dungmittels an einem Orte oft ganz trefflich und in einer anderen Gegend eine ungünstige oder gänzlich ausbleibende? Weil an letzterem Orte einzelne oder mehrere Bedingungen zur Wirksamkeit mangelten. Warum, fragen wir weiter, gedeihen allein nur am Rheine weltberühmte Weine, — warum nur in einzelnen Gegenden Böhmens und Baierns die vorzüglichsten Hopfensorten? Gewiss nicht allein nur in Folge Vorhandenseins der für diese Pflanzen nöthigen Nährstoffe, sondern weil eben nur in diesen Gegenden durch Lage, Klima und Bodenbeschaffenheit alle Bedingungen gedeihlichen Zusammenwirkens sich erfüllen und jene Pflanzen sich also im Vollgenusse derselben befinden.

Auf die Frage, ob wir jene günstigen äusseren Einflüsse herbeizuführen vermögen? ist vom praktischen Standpunkte theils bejahend theils verneinend zu antworten. Verneinend, insofern die Beherrschung der durch die Atmosphäre bedingten Einflüsse ausserhalb der Macht des Landwirths liegt, er muss diese Verhältnisse sammt ihren Folgen hinnehmen, wie sie sich geltend machen, wenn schon durch kräftiges Zusammenwirken bei so manchen Culturarbeiten in einzelnen Gegenden immerhin eine locale Verbesserung klimatischer Verhältnisse gewonnen werden kann. Verneinend ferner bezüglich der geographischen Lage des Ortes (S. 314), der geognostischen Grundlage, der Lagerungs- (S. 58) und Höhenverhältnisse (S. 75).

Bejahend, weil es in der Macht des Landwirthes liegt, einzelnen Arten der Culturpflanzen stets auch den entsprechenden

Boden zuzuweisen, und durch sorgfältige Bearbeitung, durch passende Dungmittel und die Art der Fruchtfolge wenigstens alle von den Menschen abhängige Bedingungen zur Erhaltung und Steigerung der Fruchtbarkeit seines Bodens zu erfüllen.

Die in der Ackerkrume wurzelnde Culturpflanze ist mit ihren oberirdischen Theilen von der Luft umgeben. Die äusseren Einflüsse auf die Pflanze sondern sich demnach hauptsächlich in zwei Classen: in solche, die durch eigenthümliche Verhältnisse des Ackerbodens, die Culturmethode und Düngung, sodann in solche, die durch klimatische Einflüsse hervorgerufen werden. Der Tabak z. B. bleibt in einem warmen trockenen Sommer klein, wird dicker und schwerer verbrennlich. Bei genügendem Regen erhält man dagegen im Allgemeinen grössere, dünnere und leichter verbrennliche Tabaksblätter (Nessler). Diese Einflüsse sind es auch, welche, wie oben mitgetheilt, die durch das Bildungsvermögen der Pflanzen hervorgebrachten bestimmten charakteristischen Formen mehr oder weniger verändern und Abarten, Spielarten u. dergl. hervorbringen. So vermögen wir z. B. durch den äusseren Einfluss der Cultur eine binnen 6 Wochen reifende Kartoffel als Spielart zu erzielen.

Aus von Haberlandt angestellten Anbauversuchen resultirt, dass aus südlichen Gegenden bezogenes Getreide sich etwas rascher entwickelt, als das aus nördlichen und feuchteren Gegenden stammende Saatgut. Letzteres liefert eine procentisch strohreichere Ernte. Bei Weizen veränderte sich die Qualität, indem der aus dem Norden stammende hornartig, härter, glänzender und dunkler wurde.

Was den Boden anbelangt, so muss dieser eine solche Beschaffenheit haben,

1) um das Eindringen der Pflanzenwurzeln und deren Befestigung zu gestatten, und

2) um den Pflanzen die nöthige Menge mineralischer Nahrungsmittel in der entsprechenden Form liefern zu können.

Um die Nährstoffe den Pflanzen zugänglich zu machen, ist aber erste Bedingung, dass die nöthige Menge von Wasser im Boden vorhanden ist, um die löslichen Pflanzennahrungsmittel in die Pflanzen überzuführen, sowie denselben das nöthige Transpirationswasser zu liefern. Ueberall, wo Pflanzen gedeihen sollen, muss Wasser in entsprechender Menge vorhanden sein. In den unermesslichen, den Umfang Europas erreichenden Sandwüsten Africas verkünden nur die grünen Oasen das Vorhandensein einer Quelle. Durch nichts ist der günstige Erfolg der Landwirthschaft so sehr bedingt, wie durch rechtzeitigen Regen; immer, auch bei den günstigsten Bodenverhältnissen, wird der Erfolg ein ungünstiger sein,

wenn die Regen nicht zu entsprechender Zeit eintreten und von Zeit zu Zeit wiederkehren. Feuchtes, wenn auch kühles Frühjahr, und warmer feuchter Sommer versprechen die reichlichsten Ernten. Dem Boden wird das Wasser in Form von Regen, Schnee, Thau und durch das aus der Luft absorbirte Wassergas zugeführt und die Summe dieses Wassers lässt sich nach vorhandenen Angaben in unseren Klimaten auf $4\,^1/_5$ Millionen Kilo per Hectar und Jahr schätzen.

Wie bedeutend die Menge des Wassers ist, welche dem Boden durch die Pflanzen entzogen wird, und demnach auch zugeführt worden sein musste, hat sich schon bei Besprechung der Transpiration gezeigt.

Verschiedene Pflanzen verhalten sich in Bezug auf Feuchtigkeit übrigens sehr verschieden; so sind Länder mit einer feuchten Atmosphäre und starker Thaubildung, also Küsten- und Gebirgsländer, zum Lein- und Grasbau vorzüglich geeignet. Die Nähe von Gewässern hat demnach auch einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Bodenerzeugnisse. Das Getreide ist in der Nähe von Gewässern und in nebeligen Gegenden von geringer Qualität, die Obstbäume lohnen nicht die Cultur und nur der Weinstock an Abhängen und auf Hügeln liefert dann ein ausgezeichnetes Product oder kann wenigstens mit lohnendem Erfolg cultivirt werden, wenn sich in nicht zu weiter Entfernung Bäche, Flüsse, Seen, Moore oder sonstige Gewässer befinden, die eine feuchtere Luft erzeugen und im Herbst häufig Nebel bilden, welche gegen die Weinberge aufsteigen und das Reifen der Beeren fördern. Der Tokayer wird in der Nähe der Theiss, der Ofner in der Nähe der Donau, der starke Luttenberger und Radkersburger zwischen der Drau und Mur, der liebliche Pikerer an der Drau, der blumereiche Rheinwein am Rhein, der Mosler an der Mosel gewonnen, die dalmatinischen, französischen, spanischen und portugiesischen Weine an Flüssen und den Küsten des adriatischen und mittelländischen Meeres erzeugt.

So nöthig eine gewisse Wassermenge den Pflanzen ist, ebenso schädlich wirkt zu viel Wasser (anhaltende Nässe). Seitdem man auf Madeira das Zuckerrohr anbaut, wird durch dessen reichliche Bewässerung dem Weinboden zu viel Wasser zugeführt und dadurch die Weincultur ernstlich bedroht. Wie häufig faulen bei zu viel Feuchtigkeit die Kartoffelsetzlinge im Boden!

Es wurde schon früher darauf hingewiesen, dass die chemische Zusammensetzung des Bodens wesentlichen Einfluss auf die Aschenbestandtheile der Pflanzen nimmt (S. 231). Indem die Cultur an den Bodenbestandtheilen sehr bedeutende Veränderungen hervorbringt, muss sie schon in dieser Beziehung wesentlichen Einfluss auf die Culturpflanzen ausüben.

Welche bedeutende Veränderungen in den einzelnen Bestandtheilen der Pflanzen (nicht nur in den mineralischen) die Art der Düngung bewirkt, wurde ebenfalls schon vielfach im Vorhergehenden, namentlich bei Erörterung des Einflusses der Pflanzennährstoffe auf die Pflanzenbestandtheile (S. 232 u. 317), besprochen. Nach Versuchen von Nessler, um noch einige Beispiele anzuführen, wird die Verbrennlichkeit des Tabaks durch Kalisalze erhöht, durch Chlorverbindungen, namentlich Kochsalz, hingegen vermindert; so erklärt es sich, warum mit viel Kochsalz enthaltendem Abtrittdung gedüngter Tabak schwer verbrennlich ist. Broughton fand durch Stickstoffdünger die Alkaloïdmenge in ein und derselben Cinchonaspecies um 20 bis 50 Proc., Dietrich den Morphingehalt im Mohn um $6\frac{1}{2}$ Proc. erhöht.

Die Wirkung des Einflusses endlich, den die Art des Anbaues auf die Pflanzenbestandtheile nimmt, sehen wir deutlich beim Reis, Lein und Hanf; cultivirt man letztgenannte Pflanzen zur Erzielung von Gespinnstfaser, so müssen sie dicht gebaut werden, sie liefern dann eine feine zarte Bastfaser; baut man sie dünn, so werden die Stengel auf Kosten des sich nun ausgiebiger entwickelnden Samens holzig.

Von sehr wesentlichem Einflusse ist ferner das Sonnenlicht auf die Cultur-Pflanze, denn ohne Licht geht keine Zersetzung der Kohlensäure vor sich, und ohne diese Zersetzung kann sich keine Pflanze normal entwickeln. Einige Pflanzen verlangen zwar mehr, andere weniger Licht; eine gewisse Menge von Licht jedoch ist für alle Pflanzen unumgängliche Bedingung ihres Gedeihens, wie wir denn jeden oberirdischen Trieb, jedes Blatt dem Lichte zustreben sehen. Um den Acker von Unkraut zu reinigen, entzieht man den Unkrautpflanzen durch geschlossenen Stand der Saaten, blätterreiche dichtstehende Pflanzen (Hülsenfrüchte, Klee) das Licht. Aus demselben Grunde verunkrautet bei Anbau von Hafer mit seinen grösseren Blättern das Feld weniger, als wenn Roggen und Weizen angebaut wird.

Unerlässliche Bedingung für das Pflanzenleben ist endlich auch die Wärme, deren jede Pflanzenart zu ihrem Gedeihen eine entsprechende Menge bedarf. Weil die Pflanze eine bestimmte Menge von Wärme und nicht eine bestimmte Zahl von Tagen zu ihrer vollen Entwickelung bedarf, wird auch letztere um so rascher vor sich gehen, je mehr Wärme der Pflanze bei sonst gleich bleibenden Bedingungen zu Theil wird. Nur so lässt sich erklären, warum z. B. bei Tusmero in Südamerika der Weizen zur Reife nur 92, zu Pablo in Südamerika hingegen 181 Tage, die Gerste im Elsass nur 92, bei Cumboll in Südamerika aber 168 Tage erfordert. Die

Summe der Wärme, welche eine Pflanze bedarf, erhält man durch Multiplication der mittleren Tagestemperatur mit der Anzahl der Vegetationstage (Boussingault).[1]) Für die Kartoffel z. B. fand Boussingault:

	Producte aus der Anzahl der Tage und der Temperatur.
In Elsass 1835	3039
„ Alais	3228
„ Lac-Valencia	3060
„ Santa-Fé	2930
„ Merida	3060
„ Pusuqui	3180
„ Pinantura	3036
„ Lambugan	3192

Andere Beobachtungen ergeben über die Wärmesumme, welche einzelne Culturpflanzen in verschiedenen Gegenden benöthigen, Folgendes:

	Vegetationstage	Wärmesumme	
Weizen (Winter) im Elsass	137	2055	(Boussingault)
„ (Sommer) „ „	137	2069	„
„ (Winter) bei Paris	146	2144	„
„ am Aequator (Pablo)	147	2534	„
„ (Winter) Ung. Altenburg	151	1990	(Haberlandt)
Gerste (Winter) im Elsass	92	1748	(Boussingault)
„ (Sommer) „ „	122	1708	„
„ in Egypten	90	1890	„
„ Ung. Altenburg	104	1720	(Haberlandt)
Hafer „ „	106	1847	„
„ Reizenhain (Sachsen)	122	1261	(Krutzsch)
Roggen (Winter) Ung. Altenburg	152	2015	(Haberlandt)

Hoffmann ist der Ansicht, dass man bei Ermittelung des Wärmebedürfnisses der Pflanzen ihre verschiedenen Entwickelungsphasen besonders betrachten müsse, da für Keimen, Blattbildung, Blüthe, Fruchtbildung verschiedene absolute Temperaturhöhen erforderlich sind. Er wählte nicht die Tagesmittel, sondern die Insolationsmaxima, an Thermometern in der Sonne abgelesen und vom 1. Januar an summirt. Er erhielt unter Anderen folgende Zahlen:

1) Nach Quetelet hingegen erhält man die Wärmesumme aus den Quadraten der mittleren Temperaturen. Wissenschaftlichen Werth können derartige Wärmesummen-Berechnungen nicht beanspruchen (Sachs), wohl aber haben sie einigen praktischen Nutzen für die Pflanzengeographie und Klimatologie. Man vergleiche auch die höchst wichtige Arbeit von De Candolle: Sur la méthode de sommes de température appliquée aux phénomènes de végétation (Sep.-Abdr. aus der Bibliothèque universelle de Genève. 1875).

	Jahr	Datum der ersten Blüthe	Summa der positiven Insolationsmaxima
Pyrus communis . .	1866	23. April	1149
	1867	16. „	1105
	1868	28. „	1147
	1869	16. „	1142
Lonicera alpigena .	1866	23. April	1168
	1867	30. „	1159
	1868	30. „	1182
	1869	17. „	1158

Jedenfalls nimmt aber Varietät der Culturpflanze und Gegend auch Einfluss auf den Wärmebedarf, es scheint dies namentlich nach Haberlandt's Versuchen bei der Gerste der Fall zu sein. Aus Versuchen von Krutzsch zeigt sich, dass an verschiedenen Orten der Hafer gleicher Wärmesummen zur Keimung bedarf und dass dem entsprechend die Dauer der Keimung mit der Abnahme der Wärme sich verlängert. Im späteren Verlauf der Vegetation ergab sich, dass der nordische Hafer eine längere Zeit und eine grössere Wärmemenge beansprucht, um zur Blüthe zu gelangen. In gleicher Weise bewirkt eine nördlichere Lage eine Verspätung des Eintritts der Blüthe, die für je 1″ nördlicher Breite eine Verspätung von etwa 1½ Tag beträgt.

Aber abgesehen davon, dass die Pflanze eine bestimmte Wärmesumme während ihrer Vegetation überhaupt erfordert, benöthigt sie zur Entwickelung der Frucht ein Temperaturmaximum, das erreicht sein muss, wenn die Reife erfolgen soll. Nach Boussingault sind für die wichtigsten Culturpflanzen nachfolgende Temperaturgrade zur Reife erforderlich:

Weizen . . .	15 ° C.	Reis	22,5 °
Gerste . . .	11 °	Wein . . .	23 °
Tabak . . .	18,5 °	Flachs . . .	15 °
Mais	15 °	Kartoffel . .	9,5 °
Bohnen . . .	15 °		

Mit Hilfe dieser Temperaturverhältnisse lässt sich im Voraus beurtheilen, ob es möglich ist, Pflanzen in einer bestimmten Gegend zu bauen.

Wenn auch jede Pflanze eine bestimmte Wärmesumme als Lebensbedingung erfordert, so ist doch dem Pflanzenorganismus die Fähigkeit eigen, sich zu accommodiren und sowohl unter als über jener Summe sich zu entwickeln. Viele Pflanzen können daher ebensowohl in einem bedeutend wärmeren als auch kälteren Klima ge-

deihen, als das ihres natürlichen Verbreitungsbezirkes ist. Basiner berechnet z. B. aus dem natürlichen Verbreitungsbezirke der Buche die höchste Wärmesumme, welche derselben bei einer Vegetationszeit von 6 bis 6½ Monaten zukommt, als eine 3250 nicht übersteigende. Die Buche findet sich aber auch an Orten, welche das Maximum der Temperatursphäre dieses Baumes um 1000 bis 2000 übersteigen. Sie gedeiht z. B. auf Madeira ganz vortrefflich. Die Wärmesumme während ihrer Vegetationsperiode beträgt dort (bei Funchal) ungefähr 4400 °.

Die möglichen Grenzen der Entwickelung einer Pflanze über ihre natürliche Temperatursphäre hinaus lassen sich bis jetzt selbst annäherungsweise im Voraus nicht bestimmen, so wichtig auch dieses für den Garten- und Ackerbau behufs der Einführung neuer Culturpflanzen wäre.

C. Linsser, welcher über die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens in ihren Verhältnissen zu den Wärmeerscheinungen treffliche Arbeiten geliefert hat, stellte das Gesetz auf: Die an zwei verschiedenen Orten den gleichen Vegetationsphasen zugehörigen Summen von Temperaturen über 0 ° sind den Summen aller positiven Temperaturen (des ganzen Jahres) beider Orte proportional. Mit anderen Worten: Ein jedes Pflanzenindividuum besitzt die Fähigkeit, seinen Lebenskreis so zu durchlaufen, wie es die Wärmesumme seines Heimatortes erfordert und wie es seine vorausgegangenen Generationen gewohnt worden sind, indem Individuen gleicher Art an verschiedenen Orten zu gleichen Entwickelungsstadien gleiche Portionen der ihnen gewohnten Wärmesummen verwenden. Ferner behauptet er, dass die Geschwindigkeiten der Entwickelung gleich den einwirkenden Temperaturen, dividirt durch die gewohnten jährlichen Wärmesummen der Mutterpflanzen seien, und folgert daraus, dass im Norden erzeugte Pflanzen, nach Süden versetzt, hinter den hier erzeugten zurückbleiben; und dass im Gebirge erzeugte Pflanzen, in die wärmere Ebene versetzt, den hier erzeugten voreilen, und die von der Ebene in das kältere Gebirge versetzten hinter den hier erzeugten zurückbleiben.

Für das Leben eines jeden Pflanzenindividuums, so meint Linsser, gibt es besonders zwei Hauptregulatoren: Die individuelle Gewöhnung und das Princip der Sparsamkeit. „Wo es von den beiden Hauptfactoren des Pflanzenlebens, der Wärme und der Feuchtigkeit, die Wärme ist, deren periodische Gewähr zur Sparsamkeit mahnt, da schliesst sich das ganze Leben der Pflanze enge dem Verlaufe der Wärme an, — so im Norden und im weitaus grössten Theile der gemässigteren Klimate, — wo es die Feuchkeit ist, und die Frage nach Wärme, wegen ununterbrochen ge-

nügender Gewährung derselben, ganz zurücktritt, da gilt der Anschluss des Pflanzenlebens dieser Feuchtigkeit, wie auf Madeira, — wo endlich das Klima nöthigt, mit beiden zugleich Sparsamkeit zu üben, sucht die Pflanze im Laufe der Jahresperiode für ihre bildenden Processe beiden Anforderungen möglichst entsprechend zu vegetiren, wie in den südrussischen Steppen und um Buchara."

Diese von Linsser aus Beobachtungen an wildwachsenden Pflanzen abstrahirten Gesetze fand Wittmack (Landw. Jahrb. 1876. Bd. V. S. 646) für Getreidearten nicht stets ohne weiteres gültig, so z. B. bezüglich der Behauptung, dass Getreidearten aus dem Süden in Mitteleuropa später reifen sollen, vielmehr muss man annehmen, dass sowohl im Norden wie im Süden sich die Bedingungen zur Erzeugung frühreifer Sorten vereinigen können; in den meisten Fällen erweisen sich allerdings Linsser's Gesetze auch für die Culturpflanzen zutreffend.

Ergänzt werden Linsser's Normen noch durch folgende von De Candolle aufgestellte Gesetze: Ueber annähernd gleiche Breiten und Höhen sind für dieselbe Species und dieselbe Function (d. h. Blüthezeit, Laubfall etc.) die Temperatursummen über Null und im Schatten in den westlichen Localitäten (mit feuchtem und gleichmässigem Klima) immer höher als in den östlichen (mit trockenem und extremem Klima). Im westlichen Europa, vom 43. — 60. Breitengrad, nehmen für dieselbe Species und dieselbe Function die Summen der Temperaturen über Null und im Schatten ab, wenn man von Süden nach Norden geht; im östlichen Europa bieten die Zahlen keine recht regelmässigen Differenzen nach den Breitegraden. Die Wärme, die durch Insolation, und der accessorische Vortheil, der in gewissen Gegenden durch eine angemessene Menge Feuchtigkeit hinzukommt, erklären zum grossen Theil die Abnahme der Temperatursummen (im Schatten) für jede Art, wenn man von Westen nach Osten und von Süden nach Norden fortschreitet.

Die Temperaturextreme, welche Pflanzen ertragen, sind sehr bedeutend; es leben Pflanzen in dem bis zu 76 ° erwärmten Sandboden des Senegal (Adanson), während die Lärche und Zwergbirke eine Kälte von 40 °, bei der das Quecksilber gefriert, sollen ertragen können.

Die Kälte äussert unter Umständen sehr schädliche Wirkungen auf die Pflanzen, indem letztere „erfrieren". Sinkt die Temperatur unter Null Grad, d. h. unter den Gefrierpunkt, so erstarren Pflanzen und Pflanzentheile, der Pflanzensaft in ihnen wird wie gewöhnliches Wasser zu Eis — sie gefrieren.

Es wäre schlimm, wenn das Gefrieren auch immer ein Erfrieren d. h. den Kältetod zur Folge hätte, denn alle unsere

im Winter gefrorenen Pflanzen wären dann verloren. Dem ist aber nicht so. Die über Winter entlaubten Bäume und Sträuche, die Wurzelstöcke der ausdauernden Pflanzen sprossen mit der ersten Frühlingssonne bekanntlich von Neuem, obschon sie zuweilen monatelang gefroren waren. Schon dies beweist, dass das Gefrieren nicht immer ein Erfrieren (Tödtung) zur Folge haben muss. Der Tod der Pflanzen erfolgt meist erst dann, wenn das Eis in der gefrorenen Pflanze zu rasch aufthaut (Duhamel, Schöllenbach, Sachs.) Daher kommt es, dass, sobald nach einem Froste kein plötzlich erwärmender Sonnenstrahl eintritt, sondern das Eis in gefrorenen Pflanzen nach und nach aufthauen kann, diese gewöhnlich keinen Schaden leiden. Freilich zeigen hierbei verschiedene Pflanzen bedeutende Verschiedenheiten. Nach Sachs können z. B. Kohlblätter sogar im geheizten Zimmer ohne Gefahr aufthauen, während Tabak dadurch getödtet wird.

Als das eigentlich Tödtende beim Erfrieren der Pflanze dachte man sich nach älteren Ansichten ein Zersprengen der Zellenwände in Folge der Ausdehnung des zu Eis werdenden Zelleninhaltes, ähnlich wie das zu Eis werdende Wasser in einer Flasche dieselbe zersprengt. Neuere Versuche (Göppert, Caspary u. a.) haben jedoch gezeigt, dass im Allgemeinen kein solches mechanisches Zerreissen stattfindet, sondern man erkennt jetzt als das Tödtende beim Erfrieren eine beim schnellen Aufthauen eintretende Veränderung (Desorganisation) der Zellmembran. Diese Desorganisation besteht in einer vergrösserten Durchdringlichkeit (Permeabilität) der Zellenwände, in Folge deren der Zelleninhalt austritt. Eine völlig erfrorene Kartoffel kann man mit den Händen derart ausdrücken, dass zuletzt nur eine faserige, trockene Masse zurückbleibt, was bei einer gesunden unmöglich ist. Hieraus erklärt sich auch das Durchscheinendwerden der erfrorenen Pflanzentheile und das Erschlaffen eines zu schnell aufgethauten Pflanzentheiles.

Aber nicht nur durch Erfrieren, schon durch blosses Sinken der Temperatur können Pflanzen Schaden erleiden, wenn durch Zusammenziehen und Abkühlen mechanische Beschädigungen erfolgen oder Störungen in den normalen Pflanzenfunctionen vor sich gehen. Mechanische Beschädigungen in Folge grosser Kälte zeigen sich an Bäumen als Risse und Spalten (Frostspalten), Ablösen der Rinde und des Splints u. dgl.; sie werden hervorgerufen durch geringe und verschiedenartige Wärmeleitungsfähigkeit mancher holzigen und krautartigen Pflanzen, in Folge deren ungleichmässige Erkältung und Erwärmung in den verschiedenen Theilen eintritt. Wird z. B. der Stamm rasch abgekühlt, so können sich die inneren Holzschichten nicht so rasch zusammenziehen wie die äusseren, der Umfang der

Rinde und des Bastes wird zu enge für den Kern, Rinde und Splint müssen demnach an einzelnen Stellen springen. Störungen der Functionen und Beschädigungen durch niedere, aber noch über Null liegende Temperaturen erleiden gewöhnlich nur Pflanzen aus wärmeren Klimaten; doch sehen wir solche auch an den Blättern (Nadeln) unserer im Freien überwinternden Pflanzen. Die Blätter der Kiefer, Tanne, Eibe, des Wachholders nehmen im Winter eine auffallend bräunliche, dunkelgelbe Färbung an, so dass man sie für halb abgestorben halten müsste, wenn sie im Frühjahr nicht wieder vollkommen grün würden.

Da man beobachtete, dass Pflanzen selbst bei einer Lufttemperatur über dem Eispunkt und zwar vornehmlich in mondhellen Nächten der Monate April und Mai erfroren, schrieb man wohl diese ungünstige Wirkung dem Mondlichte (Aprilschein) zu; thatsächlich übt aber der Mond gar keinen Einfluss aus. Die alleinige Ursache des Erfrierens ist die Wärmeausstrahlung der Pflanzen, die in diesen Monaten bei heiterem Himmel so stark ist, dass die Pflanzen eine Temperatur unter dem Eispunkt annehmen, während die Lufttemperatur noch über demselben sein kann.

Noch sei hier das Wichtigste über das sogenannte „Auswintern", welches dem Landwirthe so empfindliche Nachtheile zufügt, besprochen. Das Auswintern der Saaten erfolgt:

1) Wenn eine bedeutende Schneedecke auf den Saaten gelagert und der Schnee in Folge eingetretenen Thauwetters eine Kruste erhalten hatte, der Boden unter derselben aber nicht gefroren war; die Saaten erscheinen dann, wenn sie nicht vollkommen zu Grunde gegangen, im Frühjahr braunweiss oder gelblich oder mit Schimmel überzogen.

2. Wenn der Boden ohne Schneedecke öfter zufriert und aufthaut; dadurch treiben die Eistheilchen den Boden jedesmal auseinander und in die Höhe, die Pflanzen werden damit zugleich gewaltsam gehoben, die Wurzeln reissen ab[1]), erleiden Beschädigungen und die Pflanze selbst kommt aus aller Verbindung mit dem Boden. Nach dem Thauen sinkt der Boden wieder ein, aber die Pflanzen bleiben gehoben. Je feuchter daher ein Boden im Ganzen oder stellenweise, um so grösser ist die Gefahr des Auswinterns.

Wenn Thiere, z. B. die Maden der Weizenmücke oder der Roggenfliege, die jungen Halme der Getreidepflanzen im Spätherbste durchfressen und zum Absterben bringen, so kann selbstverständlich im Frühjahr nicht von einer „Auswinterung" geredet werden.

1) Nach Ekkert findet ein Abreissen der unterirdischen Internodien und Wurzeln nicht statt. Gefährlich ist das Heben nur dann, wenn der Bestockungsknoten über die Bodenoberfläche erhoben wird.

Sachs theilt den verschiedenen Ursachen des Erfrierens gemäss die Mittel dagegen in solche gegen den Frostschaden des Winters, gegen Spätfröste und solche für Aufbewahrung von Feldfrüchten.

1) Die Mittel gegen Winterfröste können sich im Allgemeinen nur darauf beschränken, die im Freien stehenden Pflanzen in solchem Zustande der Entwickelung und des Bodens dem Winter zu überliefern, dass der Frost, wenn er sie einmal ergreift, ihnen möglichst wenig schade. Erste und allgemein giltigste Bedingung hiezu ist die Wahl solcher Sorten von Pflanzen und Bäumen zur Cultur, welche für den Winter einer Gegend als hinreichend hart bekannt sind. Muss man aber Samen oder Pflanzen aus anderen Gegenden beziehen, so hat man jenen aus höher gelegenen oder nördlichen Gegenden den Vorzug zu geben, weil zu erwarten ist, dass sie auch einen härteren Winter ertragen. Wintersaaten sollen bereits hinreichend erstarkt sein, bevor die ersten Fröste kommen. Daher gilt im Allgemeinen als Regel, Wintersaaten 4 Wochen vor dem local bekannten Eintritt der winterlichen Jahreszeit und den Roggen immer früher als Weizen zu bestellen. Die frühzeitige Bestellung verschafft den Pflanzen die Zeit, sich stark zu bewurzeln, lichte Saat aber gönnt der Pflanze einen freieren Stand, so dass jede einzelne die volle Wirkung des Sonnenlichtes erhält, und dieses letztere ist es ja, welches die Pflanze zur Assimilation anregt und ihre Gewebe festigt. Auch das Schröpfen oder Abweiden im Herbst kräftigt die Saat.

Doch würde zeitige und lichte Saat allein nicht vermögen, allen Unfällen eines wechselvollen Winters vorzubeugen, sobald die Beschaffenheit des Bodens nicht begünstigend mitwirkt. Eine tiefe Lockerung des Ackers, rechtzeitig vollbracht, so dass er sich vor Winter genügend „setzen“ kann, ist ebenso als wesentliches Schutzmittel gegen den Frost zu verwerthen; denn liegt der Boden nach der Bearbeitung längere Zeit trocken und warm, so ziehen sich seine Theilchen wieder etwas zusammen und die späteren Herbstregen und Thauwetter verschlämmen ihn nicht, weil das Wasser zwischen den Brocken und Schollen ablaufen kann. Wird der Boden hingegen in Folge zu später Bestellung in zu lockerem Zustand dem Frost ausgesetzt, so verschlämmt er beim ersten Thauwetter derart, dass die Wurzeln in einen dichten Brei eingehüllt und von der Luft abgeschlossen sind. Friert solch breiig gewordener Boden dann abermals, so wird er zur compacten Masse, die Wurzeln werden gequetscht und durch Hebung des Bodens zerrissen. Auch das Planiren ist als Schutzmittel anzusehen. Unterlässt man das Planiren, so würde sich in den Vertiefungen

Wasser (Lachen) ansammeln und Pfützen bilden, in denen mit oder ohne Eisdecke die Pflanzen faulen. In ähnlicher Richtung wirkt auch das Drainiren, Anlegen von schmalen Bifangen oder breiten sehr gewölbten Beeten, auf sehr bindigem, nassem Boden Ziehen von Wasserfurchen nach der grössten Abdachung als günstiges Mittel gegen den Winterschaden.

Eine Schneedecke auf dem Felde kann der Landwirth leider nicht nach Wunsch erhalten, sie wäre das beste Mittel gegen den Frost, unter einer Schneedecke von 25 Ctm. sind die Wintersaaten vollkommen geschützt und selbst bei einer Schneedecke von nur 5 Ctm. wird die Temperatur des Bodens um 7—9° gemildert. Wäre also die Temperatur der Luft —10°, so wird die des mit Schnee bedeckten Bodens nur —1 bis 3° betragen. Freilich darf der Schnee keine feste Kruste erhalten, denn dann wird die Temperatur unter der Schneedecke niedriger als die der Luft, was, wie erwähnt, ein Auswintern zur Folge hat; tritt Verkrustung ein, so muss man sie mittelst Stachelwalzen zu durchbrechen suchen. Gärtner könnten übrigens auf ihren Beeten vom Schnee öfter Nutzen ziehen, als es wirklich geschieht. Von Beeten, die man zeitlich im Frühjahr bestellen will, sollte der Schnee, um ein rascheres Abtrocknen und Erwärmen des Bodens zu bewirken, entfernt und auf solche Beete ausgebreitet werden, die mit leicht und zeitig treibenden Pflanzen besetzt sind. Dadurch werden letztere an dem vorzeitigen Treiben gehindert und somit vor Spätfrösten geschützt werden.

Die Umwickelung der Bäume und Sträucher mit Stroh ist als Schutzmittel bewährt, wird aber nicht immer zweckgemäss durchgeführt, und kann im Frühjahr sogar schädlich werden. Kommen die ersten sonnigen Tage, so nimmt das Stroh die Wärme auf und hält sie auch noch Nachts zurück, in Folge dessen die Pflanzen zu treiben beginnen. In diesem Falle bleibt nur die Wahl zwischen zwei Uebeln: Lässt man die Umhüllung, so vergeilen die Triebe und verderben später; nimmt man sie ganz weg, so können die Triebe vom nächsten Frost zerstört werden. Bei Pflanzen, welche schon bei geringer Wärme im Frühjahr treiben, thut man am besten, die Bedeckung, sobald die Strenge des Winters nachlässt, so zu entfernen, dass nur eine dünne Schichte zurückbleibt, welche die Wirkung vorübergehender Fröste mässigt.

2) Schutz gegen die Spätfröste oder Nachtfröste im Frühjahr kann seltener der Landwirth, schon häufiger der Gärtner schaffen. Ist bei niederem Thermometerstande und heiterem Himmel Abends auf eine kalte Nacht zu schliessen, so müssen zartere Pflanzen auf Saatbeeten entweder einzeln mit Blumentöpfen oder ganze Beete und Spaliere mit Stroh- und Bastmatten oder

Tüchern bedeckt werden.[1]) Sehr empfehlenswerth ist auch, die Nachts gefrorenen Pflanzen vor Sonnenaufgang mit kaltem Wasser mittelst Brause so zu übergiessen, dass sie sich mit dünnem Eis überziehen; dieser Reifüberzug hat dann offenbar dieselbe wohlthätige Wirkung, wie der natürliche Reif bei den Herbst-Nachtfrösten.

Um Bäume und Sträucher an dem vorzeitigen Treiben so lange zu hindern, bis die stärksten Spätfröste vorüber sind, muss der Boden um dieselben mit Laub u. dgl. bedeckt werden.

3) Bei Aufbewahrung von Feld- und Gartenfrüchten ist der erforderliche Schutz vor dem Erfrieren leichter zu schaffen, als bei den im Boden stehenden Pflanzen. Es handelt sich dabei darum, durch Bedeckung und Zusammenhäufung die Einwirkung der Temperaturverminderung zu verlangsamen. Dies wird um so sicherer erreicht, je grösser die Mieten und je reichlicher die Haufen mit Erde bedeckt werden.

Von äusseren Einflüssen auf die Vegetation unserer Culturpflanzen wären noch die Winde zu nennen. Abgesehen von dem Schaden, den sie durch ihre mechanische Kraft verursachen können, nehmen sie durch ihre Rückwirkung auf die Temperaturverhältnisse und ihre Fähigkeit, den Boden auszutrocknen, den nachtheiligsten Einfluss, wie dies schon früher hervorgehoben wurde. So sind z. B. Orte, wo die Nordwestwinde freien Durchzug haben, für die Cultur gewisser Pflanzen, der Obstbäume, des Hopfens u. s. w., ganz untauglich.

Weingebirge, welche den Ost- und Südostwinden ausgesetzt sind, stehen denen gegen Süd und Südwest und ganz gegen West gelegenen im Ertrage nach und werden von Frostschäden häufiger heimgesucht. Um sich bei trockenem Boden vor austrocknenden Winden zu schützen, bleibt nur ein Mittel übrig, man theile den trockenen und Winden ausgesetzten Boden in Parzellen und friedige dieselben mit lebenden Zäunen und einzelnen Bäumen ein, damit die Winde gebrochen und die Feuchtigkeit der Luft vermehrt werden.

Auch die unter Umständen so günstig wirkenden Nebel können einen ungünstigen Einfluss auf die Culturpflanzen dadurch nehmen, dass sie bei zu häufigem Auftreten während der Vegetation den Pflanzen das für ihre Ausbildung so nothwendige Licht entziehen.

1) Der Räucherung der Weinberge wurde schon früher gedacht. Sehr günstige Resultate berichten Wüst und Bronner. Man vergl. Landw. Centralbl. f. Deutschl. 1876. Juli. S. 447.

Der Dünger und seine richtige Anwendung.

In den vorausgegangenen Abschnitten wurde erläutert, dass die Pflanzen zu ihrem Wachsthum Nährstoffe, die sie dem Boden entnehmen, benöthigen und dass die Grösse der Ernten mehr oder weniger im Verhältniss zur Menge der im Boden vorhandenen assimilirbaren Nährstoffe steht. Durch die Ernten und die theilweise oder gänzliche Ausfuhr der Ernteproducte werden dem Boden selbstverständlich entsprechende Nährstoffmengen entzogen, die der Landwirth ganz oder theilweise seinem Acker wieder zuführen muss.

Man nennt im Allgemeinen jede Substanz, durch die dem Boden von aussen ein oder mehrere Pflanzennährstoffe zugeführt werden, Dünger. Derselbe kann sogleich oder allmählich wirken, je nach der mehr oder weniger löslichen Form seiner Bestandtheile, er kann entweder blos auf die chemische Beschaffenheit oder auch zugleich auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens seinen wohlthätigen Einfluss äussern. Nach dieser Definition können weder die durch die „Luft“ noch die „aus dem Boden“ disponibel gemachten Nährstoffe mit in den Begriff Dünger einbezogen werden, weil ja durch die verschiedenen Ackerungsverrichtungen nur eine Löslichmachung vorhandener, ausserdem unlöslich bleibender Nährstoffe durch Einwirkung der atmosphärischen Einflüsse angestrebt wird.

Die Unentbehrlichkeit des Düngers für die Landwirthschaft ist unbestritten. Seine hohe Wichtigkeit und Bedeutung wird in dem Maasse sich noch steigern, als der natürliche Stoffvorrath im Boden sich erschöpft und mit der stets wachsenden Bevölkerung auch deren Bedürfnisse zunehmen. Der Dünger ist also das Hauptmittel zu einer ergiebigen und zugleich wohlfeileren Production der Cultur-

pflanzen. Durch seine Hilfe können wir den mächtigsten Einfluss auf die Erträgnisse des Bodens nehmen.

Dennoch ist gerade das Düngerwesen noch immer der wunde Fleck unserer Wirthschaften. Wandern wir von Hof zu Hof, so ertönt überall dieselbe Klage: „Düngermangel"!

So weit verbreitet diese Klage auch sein mag, so wenig begründet ist sie in Wahrheit, wie wir später zeigen werden. Der Landwirth muss vor Allem sein wichtigstes Interesse kennen und schätzen lernen, dann wird er dem Dünger gewiss die verdiente Aufmerksamkeit zuwenden und ihn nicht mehr in althergebrachter Nachlässigkeit behandeln.

Die Düngerfrage ist aber nicht allein eine für den einzelnen Landwirth hochwichtige, sondern hat eine weit über die Grenzen der Einzelnwirthschaft hinausreichende volkswirthschaftliche Bedeutung dadurch, dass der Dünger das Mittel zu einer reichlicheren und billigeren Production ist und daher unmittelbaren Einfluss auf den Preis der unentbehrlichsten Lebensbedürfnisse, also auf das Wohl und Wehe der Bevölkerung, nimmt. Diese Thatsache widerlegt auch den oft gehörten Einwurf: dass vermehrte Production den Ausfuhrhandel nach fruchtarmen Ländern entwickle, also keineswegs niedrige Preise zur Folge haben müsse. Durch Vermehrung des Düngers erhöhen wir unseren Nationalreichthum, indem wir die Fruchtbarkeit unseres heimischen Bodens nachhaltig steigern.

Häufig freilich wird in der Düngerfrage Seitens der Landwirthe dadurch gefehlt, dass sie die naturwissenschaftlichen und wirthschaftlichen Momente nicht scharf genug trennen. Der Landwirth ist Gewerbsmann, ihm handelt es sich nicht um ein absolutes Erntemaximum, sondern ihm handelt es sich um den möglichst höchsten dauernden Reinertrag. Erzielt er diesen ohne alle Düngung oder nur mit einem Minimum von Dünger, so wäre es thörichter Luxus, der naturwissenschaftlichen Theorie zu Liebe seinem Boden den vollen Ersatz, ja mehr als diesen, im Dünger für die entnommenen Nährstoffe zuzuführen. Vom rein naturwissenschaftlichen Standpunkte aus lautet freilich die Forderung: Sorge dafür, dass der Boden soviel assimilirbare Pflanzennährstoffe enthält, als die auf den betreffenden Boden gelangenden Licht- und Wärme-Summen zur Production pflanzlicher Materie verwerthen können. Dieser naturgesetzlich correcte Standpunkt ist aber nicht immer auch der wirthschaftlich richtige.

Doch gehen wir näher auf unseren Gegenstand ein. Düngemittel finden sich in allen drei Naturreichen, es gibt thierische, pflanzliche und mineralische Düngemittel. Einzelne derselben liefert die Natur in unmittelbar verwendbarem Zustande. Solche

„natürliche“ Düngemittel sind z. B. die massenhaft angehäuften Guanohügel, die ausgedehnten Phosphoritlager und die meilenweit sich ertreckenden Salpeterlager in Chili. Ausserdem bietet die Natur dem Landwirthe überall Rohmaterial zur Bereitung eines verwendbaren Düngers. Solche Rohmaterialien finden sich in Form verschiedener Gesteine, gewisser Pflanzen und Pflanzentheile, thierischer Substanzen, Schlammablagerungen, Wald-, Moor- und Torferden u. dgl. m.

Um solche, Nährmittel enthaltende Rohmaterialien als Dünger verwendbar zu machen, müssen sie ohne Verlust an werthvollen Bestandtheilen und mit möglichst geringen Kosten in die entsprechende Form gebracht werden. Derartige Materialien sind ausser den erwähnten Naturproducten vorzüglich die massenhaften Ausscheidungen der Menschen und Hausthiere und solche Abfälle der Hauswirthschaft, Gewerbe und Fabriken, welche noch keine andere und höhere Verwerthung finden, denn wo letztere für irgend eine Art von Abfällen eintritt, sind diese der landwirthschaftlichen Benützung durch die dadurch bewirkte Preissteigerung auch sofort entzogen. Die Melasse z. B., welche bedeutende Kalimengen enthält, ist dort, wo daraus Kalisalze für den Handel dargestellt werden, für Düngungszwecke nicht mehr verwendbar, weil der Preis ein zu hoher geworden ist.

Um die im Rohmaterial enthaltenen Nährstoffe in die lösliche, von den Wurzeln aufnehmbare Form zu bringen, benützt man entweder den Verwesungs- oder Verwitterungs-Process oder man bedient sich schneller wirkender, theils mechanischer, theils chemischer Mittel. Letztere pflegt man in neuerer Zeit gern da anzuwenden, wo es sich darum handelt, Nährstoffe schnell in eine vollkommen lösliche Form zu überführen. Man wartet z. B. jetzt nicht mehr, bis durch den nur langsam fortschreitenden Verwesungs-Process der phosphorsaure Kalk der Knochen nach und nach den Pflanzen zugänglich gemacht wird, sondern man pulverisirt die Knochen in besonderen Mühlen und versetzt das Knochenmehl durch Behandlung mit Schwefel- oder Salzsäure fast augenblicklich in löslichen Zustand.

Das Löslichmachen der Nährstoffe, es geschehe nun in welcher Art immer, soll mit dem geringsten Verluste an Nährmitteln bewerkstelligt werden. Wie aber wird hiebei in Wirklichkeit vorgegangen? Nur allzu häufig werden die Düngerarten behandelt, als gälte es, durch Auswaschung und Verflüchtigung gerade die werthvollsten Stoffe aus ihnen zu entfernen.

Die Düngerbereitung geschieht entweder im Wirthschaftshofe (Stalldung und Compost) oder in eigenen Fabriken.

Im ersten Fall kann dem Landwirthe ein sorgsames Vorgehen nicht dringend genug empfohlen werden. Er benütze alle zum Dünger tauglichen Substanzen und zwar zunächst die, welche ihm seine eigene Wohnung und Wirthschaft liefert, z. B. alle festen und flüssigen Ausscheidungen von Menschen und Hausthieren, alle in der Hauswirthschaft sich ergebenden Abfälle, allen Kehricht aus Haus und Hof und dgl. Bei einiger Aufmerksamkeit wird er aber auch aus Fabriken, Abdeckereien, Schlachthäusern in der Nachbarschaft noch allerlei andere Stoffe ausfindig machen, die theils von der Natur geboten, oder als unbeachtete Abfälle und Nebenproducte um billigen Preis, oft ganz umsonst, herbeizuschaffen sind.

Nichts ist zu klein und unansehnlich, um nicht als Dungmaterial benutzt werden zu können, — hat man in neuester Zeit doch auch mit Vortheil Maikäfer dazu verwendet und bereitet an den europäischen Nordküsten aus winzigen Seethieren (Garnelen) einen trefflichen Dünger (Garnatguano). Daher scheue der Landwirth auch nicht die Mühe oder die etwa durch Zuhilfenahme eines Chemikers erwachsenden Kosten, um sich über die Bestandtheile des ihm zu Gebote stehenden Materiales zu belehren: er wird sich dadurch meist ersparen, dieselben Stoffe aus der Ferne theuer beziehen zu müssen.

Fabriksmässig in Massen erzeugte Düngemittel werden erst seit etwa dreissig Jahren geliefert. Man findet solche Fabriken vornehmlich in den Ländern von hoher Culturstufe (England, Belgien, Frankreich, Deutschland) in grosser Zahl verbreitet. Die Nitrophosphat- oder Blutdüngergesellschaft in London z. B. producirt allein jährlich 400,000 Centner Düngerpräparate, wozu sie etwa 600,000 Eimer Blut, 200,000 Centner Knochen, 140,000 Centner Schwefelsäure und viele andere Stoffe verbraucht. Wer hätte noch vor wenigen Jahren das Entstehen von derartigen Düngerfabriken auch nur geahnt und doch wurden sie durch die gebieterische Nothwendigkeit, durch die endlich gewonnene Einsicht von der Unentbehrlichkeit stets verfügbaren Düngers hervorgerufen!

So gingen nach amtlichen Nachweisen im Jahre 1871 allein über Hamburg nach Deutschland an Hornabfällen, Knochen, Blut, Düngesalzen, künstlichem Dünger und Guano 4,151,704 Ctr. in einem Werthe von 40,228,815 Mark und betrug der Import von Guano in Hamburg während der 20 Jahre von 1851 bis 1871 15,541,355 Ctr. im Werthe von 182,014,560 Mark. In Oesterreich beträgt die jährliche Production von Superphosphaten weit über 100,000 Ctr., Aussig allein erzeugt gegen 40,000 Ctr. und in Chladno können aus dem dort verarbeiteten Chamoisit über 50,000 Centner producirt werden.

Man bezeichnet die aus solchen Fabriken hervorgehenden Düngerarten im Allgemeinen als: „künstliche“, „concentrirte“, oder „Handelsdüngemittel“. Speciell aber führen sie die verschiedensten, vielversprechendsten Namen nach ihren Entdeckern, Erzeugern, dem Entdeckungsort und anderen Merkmalen ihrer Bestandtheile oder Bestimmung. Dem Landwirthe werden sie in Ankündigungen als mineralische, animalische und vegetabilische Dünger, Kunstdünger, nach den verschiedenen Theorien unserer Agriculturchemiker bereitet, angeboten; er kann Weizen-, Roggen-, Gerste- und Rübendünger, ferner stickstoff-, phosphorsäure-, alkali- und schwefelsäurehaltige Dünger, kurz alle Arten Düngerpräparate käuflich haben, wie sie das Herz des eifrigen Oekonomen sich nur wünschen mag. Hier aber muss ernstlich zu äusserster Vorsicht gemahnt werden, denn leider sind diese Düngemittel eben, weil sich auch die Speculation ihrer bemächtigte, zugleich vielfach Gegenstand der Verfälschung geworden, die nicht selten in unverschämteste Gaunerei ausartet, deren Opfer der unerfahrene Landwirth nur allzuoft wird.

Der äusseren Form nach unterscheidet man feste und flüssige Düngemittel. Erstere sollen trocken, leicht vertheilbar und möglichst geruchlos sein, letztere vor Allem die richtige Concentration besitzen.

Bezüglich der Bestandtheile der Düngemittel sind unter Umständen die eigentlich nährenden von jenen Stoffen zu trennen, die, wie Sand, Thon und dgl., nicht als nährend gelten können, die man als fremdartige Beimengungen, werthlose Stoffe — und mit ähnlichen ihren Unwerth ausdrückenden Namen benennt. Von den Nährstoffen bezeichnet man die wichtigsten als wesentliche, die minderwichtigen als unwesentliche Bestandtheile. Diese einzelnen Stoffe sind in den verschiedenen Düngemitteln je nach Zweck, Art und Menge derselben sehr verschiedenartig enthalten; es gibt Düngemittel, welche alle von den Pflanzen beanspruchten Nährstoffe, andere, welche nur einzelne derselben enthalten. Erstere nennt man allgemeine, absolute, Universal- und letztere besondere, relative, Partialdüngemittel.

Besteht ein Düngemittel nur aus den wichtigsten Nährstoffen, so ist es ein concentrirtes Düngemittel; es enthält bei möglichst geringem Umfang die möglich grössten Mengen wichtigster Nährstoffe; während wir z. B. in etwa 200 Pfd. Stalldünger nur 1 Pfd. Stickstoff haben, findet sich dieselbe Menge Stickstoff schon in etwa 10 Pfd. gutem Guano. Düngemittel, welche Gegenstand des Handels sind, sollen derartig concentrirt sein, dass ihre Wirkung den meist ziemlich hohen Preis auch rechtfertigt. Leider fehlt es

auch nicht an schlechten und verfälschten Düngemitteln, welche in betrügerischer Absicht mit werthlosen Stoffen in auffälliger Menge gemischt sind.

Als Wirkung des Düngers bezeichnet man die Art seiner Einflussnahme auf die Culturpflanzen. Es kann hier eine mehr oder minder günstige oder auch ganz ungünstige (ausbleibende) Wirkung stattfinden. Die günstigen Erfolge des Düngers sind theils in seinem directen Einflusse, als Quelle von Nährstoffen, theils in indirecten Einflüssen, welchen er auf die Vegetation ausübt, zu suchen.

Der competenteste Richter in der Beurtheilung der Wirkung eines Düngers ist der Landwirth selbst. Er darf sich aber ja nicht von irrigen Ansichten leiten lassen und vielleicht glauben, dass dieser oder jener angepriesene Dünger, der da und dort sich als gut erwiesen, auch auf seinen Aeckern denselben Erfolg haben muss und wenn er ihn nicht hat, dass alle ähnlichen Düngestoffe zu verdammen seien. Keinesfalls darf er einseitig vorgehen und vorschnell urtheilen, denn jedes Land, jede Wirthschaft, ja jeder Acker kann solche Verschiedenheiten zeigen, dass von einem aprioristischen Urtheil über die Wirkung eines Düngers vollkommen abgesehen werden muss. Hier entscheiden nur von dem Landwirth selbst angestellte Versuche, welche nach öfterer Wiederholung und mit Berücksichtigung aller Einfluss nehmenden Factoren ganz gewiss zu einem massgebenden und richtigen Schlusse über die Wirkung dieses oder jenes Düngers führen werden. Besonders ist hervorzuheben, dass dieselbe Menge Dünger, auf verschiedenen Bodenarten angewendet, nicht gleiche, sondern verschiedene Erfolge hervorbringt. Zahlreiche Düngungsversuche beweisen das Gesagte. So ergaben J. v. Liebig's Düngungsversuche, welche in Sachsen durchgeführt wurden, folgende Resultate:

Ein Feld mit 100 Centner Stallmist gedüngt, ergab Mehrertrag:
(während eines vierjährigen Fruchtumlaufes)

	Kunersdorf:	Mäusegast:	Kötitz:	Ober-bobritsch:	Ober-schöner:
1851 und 1853 Winterroggen und Hafer	1539 Pfd.	1070 Pfd.	988 Pfd.	515 Pfd.	501 Pfd.
1852 Kartoffeln	720 „	1723 „	917 „	696 „	618 „
1854 Klee	203 „	832 „	60 „	628 „	— „
mit 100 Pfd. Knochenmehl gedüngt ergab Mehrertrag:					
Roggen und Hafer	281 „	— „	40 „	191 „	— „
Kartoffeln	192 „	— „	75 „	105 „	— „
Klee	152 „	— „	96 „	380 „	— „
mit 100 Pfd. Guano gedüngt ergab Mehrertrag:					
Roggen und Hafer	1088 „	646 „	354 „	331 „	— „
Kartoffeln	326 „	225 „	112 „	646 „	— „
Klee	36 „	172 „	39 „	670 „	— „

mit 100 Pfd. Rapskuchenmehl gedüngt ergab Mehrertrag:

Roggen und Hafer .	228 Pfd.	141 Pfd.	96 Pfd.	63 Pfd. — Pfd.
Kartoffeln	44 „	133 „	32 „	21 „ — „
Klee	— „	60 „	— „	33 „ — „

Wenn nun 100 Centner Stalldünger auf der gleichen Fläche Feld in Kunersdorf 1539 Pfd., in Mäusegast 1070 Pfd. und in Oberschöner 501 Pfd. Mehrertrag an Körnerfrüchten gegen den Ertrag derselben Feldfläche ohne Dung hervorbrachten, so sieht man sofort ein, dass ein Düngungsversuch immer die Beschaffenheit des Feldes ausdrückt, auf welchem er angestellt wurde. Jeder Düngungsversuch hat nur einen localen Werth; eine Thatsache, die nicht genug zur Beherzigung empfohlen werden kann.

Das Maass und die Zeit, in welcher ein Dünger wirkt, ist abhängig von der Eigenschaft, Menge und Form der in ihm enthaltenen Nährstoffe, ferner von der Zeit und Anwendungsart, dem Klima, der Bodenart und den Pflanzen, für die er bestimmt ist. Düngemittel, welche die wichtigsten Nährstoffe in entsprechenden Mengen und in leicht aufnehmbarer Form enthalten, werden weit schneller und kräftiger wirken, als solche, in denen die Nährstoffe erst allmählich und oft sehr langsam den Pflanzen zugänglich werden. Daher bezeichnet man auch die ersteren als „schnellwirkende", „treibende", letztere hingegen als „langsamwirkende", „nachhaltigwirkende", „nachwirkende". Während bei ersteren die Wirkung schon im ersten, aber eben nur für dieses Jahr, eintritt, äussern die letzteren im ersten Jahre eine viel geringere, aber dafür durch mehrere Jahre dauernde Wirkung. Der in den Wollabfällen enthaltene Stickstoff z. B. wird als Düngemittel den Pflanzen nur langsam und auf mehrere Jahre vertheilt zu Gute kommen, hingegen ist der in Ammoniaksalzen gebotene Stickstoff in solchem Zustande, dass er gleich im ersten Jahre vollständig von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Des letzteren Wirksamkeit wird eine rasche, aber um so kürzer andauernde sein.

Der richtige Werth eines Düngemittels wird in dem einzelnen Fall durch seine Wirkung bedingt, wobei alle maassgebenden Verhältnisse berücksichtigt werden müssen, wogegen der Werth, wenn er wie gewöhnlich nach einzelnen wichtigen Bestandtheilen (Nährstoffen) des Düngemittels geschätzt wird, nur ein relativer ist, denn alle anderen einflussnehmenden Verhältnisse bleiben hierbei unberücksichtigt. Von der Wirkung des Düngers soll auch dessen Preis bestimmt werden, wobei als leitender Grundsatz gelten muss, die beabsichtigte Wirkung mit den geringsten Mitteln zu erreichen. Die Geldwerthbestimmung eines Düngemittels nach dem Preise der

einzelnen in ihm enthaltenen Nährstoffe, die, wie Kalisalze, salpetersaure Salze u. s. w. Handelsartikel sind, ist irrationell. Die Marktpreise dieser Artikel dürfen keineswegs als Maassstab zur Berechnung angelegt werden, sondern nur etwa jene Preise, zu welchen die Nährstoffe auf andere Weise in den als Düngemittel dem Landwirthe zugänglichen Stoffen am billigsten beziehbar sind. Abgesehen davon, dass auch diese Preise stets von localen Verhältnissen abhängig sind und Schwankungen unterworfen bleiben müssen, kann eine solche Preisberechnung schon deshalb nie verlässlich sein, weil der Werth eines Düngemittels überhaupt nicht allein von der Gegenwart seiner Bestandtheile abhängig ist. Daher erklärt sich auch, warum die von einigen Agriculturchemikern bestimmten Geldwerthe für die einzelnen Nährstoffe so sehr von einander abweichen.

Für die Verhältnisse Oesterreichs würden in der Gegenwart am entsprechendsten die folgenden sein:

	1% (per 100 Kilo)
Phosphorsäure in sofort löslicher Form im Kalksphosphat	22—25 Krz.
Phosphorsäure unlöslich, in Superphosphaten wird merkwürdiger Weise gar nicht gezahlt.	
Phosphorsäure schwer löslich, in Form von Spodium, Knochen u. s. w. (jedoch nicht als Thonerde- oder Magnesium-Phosphat) . . .	18—20 „
Dreibasisch phosphorsaurer Kalk im Spodium .	4—5 „
Stickstoff in Form von Ammoniak, Salpetersäure oder sonst leicht löslicher Form	70—90 „
in Form von Proteïnkörpern, welche leicht zersetzlich sind, z. B. Leimsubstanz im Knochenmehl, Pflanzenproteïn in Rapskuchen u. s. w.	60—70 „
in Form von Hornsubstanzen, z. B. Haare, Lederklein, Putzwolle, Schafwollabfall, Hornspähne, Hufschmiedeabfall u. dergl.	40—50 „
dieselben bei 120° C. geröstet	60—70 „
Kali, in Verbindung mit Schwefelsäure oder Salpetersäure	45—50 „
als Chlorid, Carbonat oder sonst löslicher Form	40—45 „
als Silicat ist noch nicht marktfähig.	
Natron wird nicht berechnet, da z. B. im Chilisalpeter nur der Stickstoffgehalt berücksichtigt wird.	
Ein gleiches gilt bisher für die Schwefelsäure.	
Gyps hingegen wird variabel gehandelt u. zw. .	12—25 „

Kalk wird nur als Gyps, Mauersalpeter, Nitril-Kalk oder dreibasisch phosphorsaurer Kalk, aber wohl nur wegen der begleitenden Säuren berechnet.

Die Düngeranwendung im Allgemeinen.

Das Einverleiben von Dünger in den Boden oder die Düngeranwendung bezeichnet man mit dem Worte Düngung. Man gebraucht diesen Ausdruck in der Praxis aber auch für die auf eine bestimmte Culturfläche auf einmal verwendete Düngermenge.

Zweck der Düngung ist, wie schon hervorgehoben, die Erhaltung oder Vermehrung der Fruchtbarkeit des Bodens bis zur grössten erreichbaren Höhe, und da der Landwirth die Erträgnissfrage (Rentabilität) stets vor Augen haben soll, muss er jenes Maximum mit dem möglichst geringen Kostenaufwand zu erreichen suchen, was nur durch richtige Anwendung des Düngers möglich ist. Die Beurtheilung dieser Anwendung gehört allerdings zu den schwierigsten Aufgaben.

Richtig wird der Dünger angewendet, wenn derselbe nach Zusammensetzung, Menge, Form, Zeit und mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit in solcher Weise dem Acker einverleibt wird, wie die zu bauende Culturpflanze es erfordert, um den höchst möglichen Ertrag abzuwerfen.

Was zuerst die richtige Anwendung nach Zusammensetzung und Menge des Düngemittels anlangt, so sollte man meinen, dass diese beiden Erfordernisse den wissenschaftlichen Forschungen gemäss sich nur genau nach der Entnahme der Nährstoffe durch die Culturpflanze, zu welcher der Dünger verwendet wird, zu richten brauchen. Dieser Entnahme entsprechend werden ja auch in der That für Weizen, Rüben, Gräser u. a. Pflanzen Düngerarten jetzt zusammengesetzt und verkauft. Man könnte so jeder Culturpflanze die nöthigen Nährstoffe — nach Kilo, ja bis auf Gramme berechnet — zuführen, so dass, wenn über den jeweiligen Zustand des Bodens eine förmliche Buch- und Rechnungsführung denkbar wäre, jeder Landwirth über den Nährstoffvorrath im Boden aufs genaueste unterrichtet sein müsste. Es wäre dies jedenfalls das Ideal einer rationellen Pflanzenernährung, ist und bleibt aber eben nur Ideal; denn die Natur lässt sich nun einmal in menschlich

kleinlicher Weise nicht controliren, sie entzieht sich jeder genauen Buchführung, sind wir doch bei den meisten Nährstoffen schon über die Form, in welcher sie den Pflanzen geboten werden müssen, im Unklaren. Ueberdies beeinflussen die Bodenbeschaffenheit, die Witterungs- und andere Verhältnisse die Wirkung eines Düngemittels sehr bedeutend.

Ist nun auch die Düngung in der Praxis und im Grossen nicht überall mathematisch genau nach der Entnahme jeder einzelnen Culturpflanze durchführbar, so soll der Landwirth sie deshalb doch nicht ignoriren. Es hiesse das Kind mit dem Bade ausgiessen, wollte er bei der Düngung die Entnahme der einzelnen Nährstoffe ganz unberücksichtigt lassen. Im Gegentheil muss ihm die Entnahme in Gesammtmenge wie im Einzelnen immer als Richtschnur bei der Düngung dienen, wenn er den Ersatz auch nicht mit chemischer Genauigkeit einzuhalten vermag. Es genügt dem Landwirthe zu wissen: die Rübenarten entziehen dem Boden sehr viel Kali und überhaupt mehr Stoffe als der Weizen und er folgert hieraus, dass sie eine stärkere, an Alkalien reichere Düngung erhalten müssen, als Weizen. Um die verschiedenen Entnahmen an einzelnen Nährstoffen im Boden zu ersetzen, müssen sonach Düngerarten gewählt werden, welche durch ihre Bestandtheile diese Entnahmen zu decken vermögen. Hieraus ergibt sich auch, wie nöthig es ist, bei richtiger Anwendung des Düngers auf die Art der zu bauenden Pflanze Rücksicht zu nehmen. Handelt es sich um den Ersatz aller wichtigen Nährstoffe, so muss man ein allgemeines, handelt es sich nur um einzelne Stoffe, ein besonderes Düngemittel wählen. Wie wenig bekannt aber diese Lehren im Allgemeinen heute noch sind, zeigen in praxi die täglichen Vorkommnisse. Langt z. B. ein Landwirth mit seinem Stalldünger für das bestimmte Areal nicht aus, so verursacht ihm das wenig Kopfzerbrechen, auslangen soll er, — und er meint ein Dünger ist wie der andere — item, er greift nach dem ersten besten zur Hand liegenden, z. B. Kalk! — Unglaublich, aber doch wahr! Wie soll ein einzelner Stoff, wie Kalkerde, den Stalldünger ersetzen, der alle Nährstoffe enthält?!

Im Allgemeinen unterscheidet man in der Praxis nach der Menge des dem Acker auf einmal einverleibten Düngers eine starke, mittlere, schwache oder ganze und halbe Düngung und hat nach den Erfahrungen aus der Praxis für die wichtigsten Düngemittel bestimmte Zahlen festgestellt; so sind z. B. 800—850 Ctr. Stalldünger eine starke, 300—350 Ctr. eine schwache Düngung per Hectar.

Die Form, in welcher ein Düngemittel dem Boden gereicht

wird, ist nicht minder von wesentlichem Einflusse auf dessen Wirkung, weil die Nährstoffe ja eben nur in bestimmter Form von den Pflanzen aufnehmbar sind. Die Düngemittel, welche die Nährstoffe in assimilirbarer Form enthalten, werden demnach viel rascher und somit günstiger wirken, als jene mit unlöslichen oder nur schwer löslichen Nährstoffen. Doppelt gibt, wer schnell gibt! In England verwendete man, als die Knochendüngung Aufnahme fand, anfänglich 10—12 Centner Knochen in groben Stücken per englischen Acker, bald darauf aber in kleineren Stücken nur noch 6—7 Centner, gegenwärtig aber in gepulverter und aufgeschlossener (schnellwirkender) Form nur 1—2 Centner und erzielt schon im ersten Jahre ungleich höhere Erträge wie bei den zehnfach grösseren Mengen desselben Düngemittels in schwer löslicher Form. Der Landwirth ist folglich im Stande, mit demselben Capital bei gleicher Wirkung sechsmal mehr Feld zu bedüngen, wenn er sich eines schnell wirkenden Mittels richtig bedient. Ueberdies sind die Erfolge langsam wirkender Düngemittel viel zu sehr von den Boden- und Witterungsverhältnissen abhängig, da sie, in den Boden gebracht, nur allmählich und auch dann nur löslich werden, wenn alle Bedingungen der Verwesung und Verwitterung günstig sind. Je ungünstiger diese sind, desto länger verzieht sich auch die Wirkung des Düngemittels, ja sie kann auch ganz ausbleiben, wenn die Löslichmachung durch anhaltende zu grosse Trockene oder Nässe gehindert wird. Jeder rechnende Landwirth, der an dem Grundsatz des möglichst schnellen Capitalumsatzes festhält, wird demnach immer lieber zu den schnell- als zu den langsam wirkenden Düngemitteln greifen, weil er durch die frühere Wirkung nicht nur an Zeit, sondern auch an Zinsen vom Capital, das er für das langsamer wirkende Düngemittel auslegt, erspart.

Wo zufolge eines bestimmten Wirthschaftssystems nur in einer bestimmten Reihe von Jahren einmal gedüngt wird, und die Früchte der dazwischen liegenden Jahre ebenfalls von dieser Düngung Nutzen ziehen sollen, da muss natürlich auch die Nachwirkung der Düngung mit in Rechnung gezogen werden. Im Allgemeinen müssen aber auch die Geldmittel und sonstige Verhältnisse des Landwirthes darüber bestimmen, was zuträglicher sei: ob alljährlich mit schnell wirkenden, oder nach Verlauf einiger Jahre nur einmal mit langsam, aber sicher nachwirkenden Mitteln zu düngen ist.

Auch zu rechter Zeit muss gedüngt werden. Es bezieht sich diese Zeitforderung auf die entsprechendste Entwicklungsperiode der Culturpflanzen, auf die Jahreszeit und auf die Witterung, endlich auch auf die Frage, ob das Düngemittel unmittelbar zur Vor- oder Nachfrucht, oder bei welcher Ackerungsfolge es angewendet

werden soll. Eine Gypsung des Klees z. B. bei trockenem Wetter bleibt wirkungslos. Eine starke Düngung zu Winterhalmfrüchten, unmittelbar gegeben, verursacht Lagerung und wirkt mehr auf den Stroh- als Körneransatz; wogegen Raps, Mais eine starke frische Düngung nicht nur vertragen, sondern nöthig haben. Blattfrüchte, z. B. Futterwicken, werden am erfolgreichsten in frische Düngung gebaut und bereiten den Boden am besten für die nachfolgende Winterfrucht vor. Ferner ist es durchaus nicht gleichgiltig, in welcher Zeit der Vegetation man den Dünger anwendet. Im Allgemeinen ist sehr zu empfehlen, leicht lösliche Düngemittel bei schon aufgegangenen Saaten zu verwerthen (Kopfdüngung). Man hat auch versucht, die Wirkung eines Düngemittels dadurch zu erhöhen, dass man es auf verschiedene Zeiten vertheilte, z. B. einen Theil zur Ackerung, einen andern zur Aussaat als Samendüngung, einen dritten als Kopfdüngung, diesen Vorgang bezeichnet man als successive Düngung. In Belgien düngt, „mästet“ man während des ganzen Sommers Kohl und Runkelrüben mit Jauche, was zwar viel Arbeit und Kosten erfordert, sich aber auch durch einen erhöhten Ertrag reichlich lohnt. In der gewöhnlichen Praxis hat aber das Verfahren einer Vertheilung der Düngung bisher nur bei zwei Stadien Eingang gefunden. Man gibt nämlich eine schwache Ackerungs-Düngung und dann noch eine Kopfdüngung.

Von der Bodenbeschaffenheit ist die Wirkung eines Düngemittels sowohl in physikalischer wie chemischer Beziehung oft ganz abhängig. Es darf die physikalische Beschaffenheit durchaus keine entschieden ungünstige sein. In einem versumpften Boden wird kein Düngemittel wirken, bevor nicht das Wasser abgeleitet wurde. Gewisse Düngemittel verlangen aber auch eine bestimmte physikalische Beschaffenheit des Bodens. Strohige oder auflockernde Düngemittel z. B. gehören und passen nur in bindige und schwere; flüssige Düngemittel dagegen nur auf leichte, trockene Bodenarten. Von der chemischen Beschaffenheit eines Bodens ist die Wirkung des Düngers deshalb abhängig, weil die Nahrungszufuhr überhaupt nur Wirkung hervorbringen kann, wenn Mangel an einem oder mehreren Nährmitteln im Boden herrscht. Sind alle Nährstoffe in nöthiger Menge vorhanden, so bleibt der Dünger ohne Einwirkung auf die Erhöhung des Ertrags. Würde z. B. durch 100 Centner Guano sogleich ein trefflicher Erfolg sichtbar, so lässt sich diese Wirkung nicht etwa durch eine nochmalige Zufuhr von 100 Centnern verdoppeln; die Auslage für letztere wäre weggeworfen. Wie man aber Pflanzen zur Nahrungsaufnahme zwingen d. h. wie weit man die Pflanzenproduction durch Nahrungszufuhr

steigern kann, wird sich später bei Darlegung der Bedingungen eines rationellen Wirthschaftsbetriebes zeigen. Wir wollten hier eben nur in Umrissen die Grundsätze einer richtigen Düngeranwendung angedeutet und ihre Hauptmomente hervorgehoben haben. Ausführlicher soll dies bei jedem einzelnen der verschiedenen Düngemittel geschehen, zu deren Charakterisirung wir nun übergehen. Zuvor müssen wir uns nur noch über die Eintheilung der Düngemittel aussprechen. Schon aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass man, je nachdem man diese oder jene Eigenschaft der Dünger ins Auge fasst, auch die verschiedenartigsten Eintheilungen treffen kann. So lassen sich die Düngemittel in natürliche und künstliche, allgemeine und specielle, organische und unorganische, thierische, vegetabilische und mineralische, in schnell und langsam wirkende, in Hauptdünger und Hilfs- oder Beidünger und in noch andere Klassen und Schemata bringen. Wir halten an der einfachsten, weil naturgemässesten und dem Begriffe des Düngers am besten entsprechenden Eintheilung fest, nämlich an der nach den chemischen Bestandtheilen. Nach dieser Eintheilung sind zunächst zwei Hauptklassen zu unterscheiden:

A. Allgemeine Düngerarten.

1. Stalldünger.
2. Pferchdünger.
3. Menschliche Ausscheidungen.
4. Stickstoff-Guano (Ausscheidungen von Vögeln).
5. Blut und andere thierische Abfälle.
6. Frische Pflanzen, Gründüngung.
7. Oelkuchen und andere pflanzliche Abfälle bei technischen Gewerben.
8. Torf.
9. Erde.
10. Wasser.
11. Flüssige Düngung.
12. Mengedünger (Compost).

B. Specielle Düngerarten.

13. Kalireiche: Melasse. Stassfurter Abraumsalz. Kalihaltige Gesteine. Pflanzenaschen u. s. w.
14. Phosphorsäurereiche: Knochen. Superphosphate. Phosphorit. Phosphorguano. Koprolithen u. s. w.
15. Stickstoffreiche: Ammoniaksalze. Natron (Chili-) und Kalisalpeter u. s. w.

16. Kalkreiche: Kalk und Mergel. Gyps u. s. w.
17. Schwefelsäurereiche: Gyps u. a. Gesteine und Salze u. s. w.
18. Chlor- und natronhaltige: Kochsalz (Düngersalz). Stassfurter Abraumsalz u. s. w.

A. Allgemeine Düngerarten.

1. Stalldünger (Stallmist).

Der Stalldünger wird aus den thierischen Entleerungen, denen man andere das Festhalten derselben bewirkende Substanzen (Streumaterial) beimengt, bereitet. Wir müssen uns zuerst mit den Eigenschaften der Entleerungen als solcher näher bekannt machen.

a. Die Entleerungen (Ausscheidungen)

der Hausthiere sind theils fester, theils flüssiger Art. Nicht nur nach dieser Formverschiedenheit, sondern auch nach der Gattung, dem Alter des Thieres, wie nach dessen Arbeits-Benutzung, dem Futter und anderen Verhältnissen ist die Zusammensetzung der Excremente sehr verschieden. Zur Erklärung der Verschiedenheit zwischen festen und flüssigen Entleerungen haben wir uns zunächst deren Entstehung durch den Verdauungsprocess in Kürze darzulegen. Das Futtermaterial gelangt durch die Zähne zerkleinert in den Magen, wo es mit Hilfe der Verdauungsflüssigkeiten (Magensaft, Galle, Bauchspeichel u. s. w.) verdaut, d. h. zur Umwandlung in Blut vorbereitet wird. Die überhaupt verdaulichen Stoffe werden dem Blute zugeführt, die unverdaulichen verbleiben in den Gedärmen, bis sie allmählich als feste Excremente mit einigen Gallenbestandtheilen gemengt durch den Darmcanal ausgeschieden werden. Aus dem Blute entstehen die verschiedenen organischen Gebilde, welche den Thierkörper zusammensetzen und die entstandenen werden ernährt. Bei dem noch wachsenden Thiere erfolgt also nebst der Ernährung auch noch die Neubildung von Fleisch, Knochen u. s. w., bei dem schon erwachsenen, an Masse nicht mehr zunehmenden Thiere hingegen findet nur der Ersatz der sich abnutzenden Theile organischer Gebilde statt. Die unnöthig gewordenen Stoffe werden in flüssiger Form als Harn durch die Nieren abgeschieden und entfernt.

Die Menge der als Nahrung aufgenommenen Stoffe entspricht aber keineswegs der Menge fester und flüssiger Ausscheidungen,

indem von den Bestandtheilen des Futters ein nicht unbedeutender Theil während seines Durchganges durch den Körper in Folge des Athmens und der Ausdünstung (Transspiration) in Gasform ausgeschieden wird.

Die mit Genauigkeit bei einem Ochsen durchgeführten Versuche zur Bestimmung der Menge aller dieser Arten von Ausscheidungen ergaben nach Henneberg und Stohmann bei 1000 Pfund Lebendgewicht:

Ein Ochse verbraucht	Im frischen Zustande	Trocken-substanz	Wasser	Kohlen-stoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Mineral-stoffe, excl. Kohlensäure	Holzfaser
	Pfunde								
an Futter	98,0	21,0	77,0	9,4	1,28	0,306	8,5	1,46	6,8
Feste Entleerungen .	61,0	9,1	51,9	4,3	0,53	0,147	3.3	0,91	3,4
Flüssige „ .	20,8	1,4	19,4	0,3	0,04	0,158	0,3	0,56	—
Gesammt- „ .	81,8	10,5	71,3	4,6	0,57	0,305	3,6	1,47	3,4
Daher Verlust durch den Athmungs- und Ausdünstungsprocess .	16,2	10,5	5,7	4,8	0,71	0,001	4,9	Ueber-schuss *) 0,01	3,4

Hieraus ergibt sich die wichtige Thatsache, dass beim Durchgang des Futters durch den Thierkörper in erster Reihe Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in ungleich geringerer Menge aber Stickstoff durch den Athmungs- und Transspirationsprocess in Form von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ausgeschieden werden und dass wir demnach alle Mineralstoffe und den grössten Theil des Stickstoffes mit den Resten von Kohlenstoff, Wasser und Sauerstoff des Futters in den festen und flüssigen Entleerungen erhalten müssen. Bei Jung- und Milchvieh ändern sich diese Verhältnisse.

Wir müssen nun auch näher auf die Zusammensetzung jeder der beiden Formen eingehen, in welchen der Thierkörper die unverdaulichen und die für den Lebensprocess nicht mehr tauglichen Stoffe ausscheidet.

Der Harn (Urin) bildet eine mehr oder weniger gelbbräunlich gefärbte Flüssigkeit, welche fast allen im Körper ausgeschiedenen Stickstoff mit allen in den Nieren zur Ausscheidung gelangten Salzen des Blutes in gelöstem Zustande enthält. Der Hauptbestandtheil des Harns ist Wasser, 87 bis 97 Procent; die übrigen Be-

*) Der Ueberschuss an Mineralstoffen stammt von dem dem Futter anhaftenden Staub und den im Tränkwasser gelösten Stoffen.

standtheile sind vorwiegend organische Stoffe, von welchen die stickstoffhaltigen die werthvollsten sind. Der Stickstoff des frischen Harns ist in eigenthümlichen Verbindungen mit Wasserstoff und Sauerstoff vorhanden. Die drei wichtigsten dieser Verbindungen sind: Harnstoff mit etwa $40\frac{1}{2}$ Proc. — Harnsäure mit $33\frac{1}{2}$ Proc. — und Hippursäure mit $7\frac{2}{3}$ Procent Stickstoff. Der Stickstoff wird demnach durch den Harn nicht in Form von Ammoniak, dem gewöhnlichen Endproducte des Verfalles stickstoffhaltiger organischer Körper, ausgeschieden. Unter den Mineralbestandtheilen des Harns haben wir natürlich zunächst solche zu suchen, die löslich sind, demnach vorzüglich die Verbindung von Kali und Natron (Alkalisalze), weniger die schwerlöslichen Verbindungen, wie phosphorsaurer Kalk und Magnesiasalze.

Die Zusammensetzung des Harns unserer grösseren Hausthiere ist etwa nachfolgende:

1000 Pfund, ungefähr 5,6 Hectol. frischen Harns enthalten:	von Ochsen	von Pferden	von Schafen	von Schweinen
	Pfunde			
Gesammtmenge an trockenen Stoffen	62	110	135	25
Hierin: Stickstoff	7	12	14	3
Gesammt-Mineralstoffe	27	30	36	10
Hierin: Kali	22	17	20	$7\frac{1}{2}$
„ Kalk- und Talkerde	$\frac{3}{4}$	8	6	$\frac{1}{2}$
„ Phosphorsäure	Spur	Spur	$\frac{1}{3}$	$1\frac{1}{3}$
„ Schwefelsäure	1	$1\frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$
Jährliche Menge des Harns in Pfunden beiläufig	8000	3000	380	1200

Alle diese Angaben sind jedoch wegen der zahlreichen dabei zu berücksichtigenden Einflüsse nur als annähernd richtige Bestimmungen anzusehen.

Aus vorstehenden Zahlen ergibt sich, dass der Harn der landwirthschaftlichen Nutzthiere sich durch den Stickstoff- und Alkaligehalt charakterisirt, in welchen beiden Stoffen auch sein Düngerwerth zu suchen ist. An Phosphorsäure ist er hingegen sehr arm. Uebrigens zeigen auch die Harne der verschiedenen Nutzthiere verschiedenen Gehalt. Der Schafharn z. B. enthält in 1000 Pfund 14 Pfd., der Schweinharn nur 3 Pfd. Stickstoff; an Alkalien enthält der Schweinharn gleichfalls die geringste Menge. Aus diesen Verschiedenheiten in der Harnzusammensetzung erklärt sich auch dessen ungleicher Werth; derselbe ordnet sich etwa wie folgt: Schaf-, Pferd-, Rind- und Schweinharn.

Der Harn hat die Fähigkeit, unter Trübung und Entwickelung von verschiedenen übelriechenden Gasen (Ammoniak-, Schwefelwasserstoffgas u. dgl.) sehr rasch in Fäulniss überzugehen. In diesem mehr oder weniger zersetzten Zustande oder bei gemischter Viehhaltung als Harn-Gemenge bildet er das, was man als

Jauche (Gülle, Mistjauche, Odel, Pfuhl) bezeichnet. Man benennt ebenso auch jene Flüssigkeit, welche aus frischen Düngerhaufen fliesst und aus theilweise mit Wasser gemengtem Harn, der schon den Dünger durchdrungen hat, besteht. Der Behälter, in welchem die Jauche sorgfältig gesammelt und aufbewahrt werden soll, nennt man Jauchenbehälter (Güllenbehälter, Güllenloch). Er muss wasserdicht, mehr tief als flach und vor Regenwasser vollkommen geschützt, dabei auch so gelegen sein, dass die Jauche ihren Lauf dahin leicht nehmen und aus dem Behälter nach Bedarf leicht entfernt werden kann. Am zweckmässigsten ist es, denselben mit Stein auszumauern, der aber nicht in Mörtel, sondern in ein durch Wärme flüssig gemachtes Gemenge aus Steinkohlentheer, Binderpech und Sand gelegt wird; hinter dieser Mauer ist noch eine Thonlage zu geben. Muss man aber Mauerziegel zum Bau verwenden, so sollen diese gewärmt und mit Theer getränkt werden. Ferner ist es nöthig, den Jauchenbehälter bis auf eine verschliessbare Oeffnung oben mit Holz oder Stein zu decken, um der Ammoniakverflüchtigung und möglichen Unglücksfällen vorzubeugen. Seine Anlage ist am geeignetsten unmittelbar an der Düngerstätte selbst, nur müssen bei einer tieferen Lage derselben Abzugscanäle für die Jauche aus dem Stalle mit einem hinlänglichen Gefälle angebracht werden. Diese Canäle sollen wie der Behälter wasserdicht, am besten aus Thonröhren hergestellt, bei ihrer Einmündung im Stalle aber mit einem dichten Drahtgitter gegen Verstopfung verwahrt werden.

Die Grösse des Jauchenbehälters ist durch jene des Viehstandes und der Verwendungsart der Jauche bedingt. Soll der Behälter eben nur als Ansammlungsort dienen, so kann er kleiner sein, und reicht dann ein Gehalt von 30—40 Liter pr. Stück Vieh vollständig aus, weil in diesem Falle eine zweimalige bis dreimalige Entleerung in der Woche stattfindet. Bei kleinem Viehstande reicht ein in den Boden versenktes Oelfass von 4—6 Hectol. Gehalt aus.

Die sich im Behälter ansammelnde Jauche hat im Allgemeinen geringeren Werth als der ursprüngliche Harn, weil letzterer dann meist schon mit Wasser verdünnt ist und theils Stoffe an den Dünger abgegeben, theils durch Verflüchtigung des Ammoniaks an Stickstoff verloren hat. Hier folgt die Zusammensetzung solcher Jauchen:

1000 Pfund (ungefähr 5,6 Hectol.) Jauche enthalten:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
						a.	b.
Gesammtmenge an trockenen Stoffen	6	9	17	?	16	$6\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{2}$
Hierin: Stickstoff . . .	$1\frac{3}{100}$	$\frac{2}{10}$	4	3	2	$\frac{1}{10}$	$\frac{3}{10}$
Gesammt-Mineralstoffe . . .	4	5	11	?	7	$3\frac{7}{10}$	7
Hierin: Kali	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	5	3	$3\frac{2}{3}$	2	5
„ Kalk- und Talkerde .	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$
„ Phosphorsäure . . .	$\frac{4}{100}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{7}{100}$	?	?
„ Schwefelsäure . . .	$\frac{3}{10}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{10}$	$\frac{7}{100}$	?	?

ad 1. Jauche, bestehend aus Pferdeharn mit wenig Kuh- und Schweinharn von Westonbirt, nach einer Analyse von Völker.

„ 2. Jauche von Badmiton, bestehend meist aus Kuhharn, nach Völker.

„ 3. Jauche, die sich aus dem Stalle und Düngerhaufen im Behälter angesammelt hat, nach Eggar.

„ 4. Jauche aus einem mit Stall und Düngerstätte in Verbindung stehenden Behälter, nach Köller.

„ 5. Jauche, dem Harn von Kühen entstammend, die mit Klee und Trebern, mit Salz vermischt, gefüttert wurden, nach Krutzsch.

„ 6. Jauche von Johnston analysirt: a) nach einem starken Regenfall im Behälter zusammengeflossen; b) Kuhharn nach Durchdringung eines Düngerhaufens abgeflossen.

Aus diesen Zahlen ergibt sich die grosse Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Jauche. Im Allgemeinen ist die Jauche an festen löslichen Stoffen wie an Stickstoff ärmer, als der frisch gelassene Harn. Welchen Einfluss die Verdünnung der Jauche durch Regenwasser auf deren Zusammensetzung hat, ist aus der 6. a. angeführten Analyse ersichtlich. Die Abnahme an aufgelösten festen Stoffen bezieht sich aber nicht auf alle derselben, bei Phosphorsäure, welche im frischen Harn nicht oder doch in geringerer Menge vorhanden ist, findet im Gegentheil eine Zunahme statt. Auch Kalkerde zeigt sich bei einigen Jauchen mehr als im ursprünglichen Urin. Es rührt dies daher, dass der durch den Düngerhaufen sickernde Harn die in demselben durch den Fäulnissprocess löslich gewordenen Stoffe aufnimmt.

Auch das Alter der Jauche hat auf ihre Zusammensetzung und zwar vorzüglich auf ihren Gehalt an Ammoniak Einfluss; sie wird um so ärmer an Stickstoff, je älter sie ist, da die stickstoffhaltigen Stoffe des Harns sich ziemlich rasch in Ammoniak, das flüchtiger Natur ist, verwandeln. Auch andere übelriechende Fäulniss-Producte verflüchtigen sich unter Bildung von Humusstoffen. Diese letzteren ertheilen

der Jauche die dunkle Farbe, man sagt dann: „die Jauche gährt oder fault.“ — Nach Nessler enthielten: 10,000 Grm. Kuhharn, der in geschlossenem Gefässe aufbewahrt war,

Am	1.	Tage	— 6	Grm.	Ammoniak.
„	4.	„	— 10	„	„
„	6.	„	— 13	„	„
„	12.	„	— 24	„	„
„	16.	„	— 26	„	„

Nach dieser Zeit nahm der Gehalt an Ammoniak nicht mehr zu. Eine gleiche Gewichtsmenge desselben Harnes, aber im offenen Gefässe stehen gelassen, enthielt nach 3 Wochen nur 13 Grm. Ammoniak, verlor demnach die Hälfte durch Verdunstung. Zu einem andern Versuch wurde Jauche aus einer Düngergrube genommen, die in 10,000 Grm. 28 Grm. Ammoniak enthielt. Ein Theil davon wurde in flachem Gefäss bei warmem windigen Wetter in's Freie gestellt, ein anderer kam in eine Flasche und diese wurde zugekorkt.

			In der Flasche.	Im offenen Gefässe.
Den	1.	Tag	28 Grm.	28 Grm.
„	5.	„	28 „	6 1/2 „
„	7.	„	28 „	5 „

Diese Umwandlung des Harnstoffes in Ammoniak (also vollendete Gährung) ist natürlich von äusseren Umständen, namentlich davon abhängig, ob die Jauche, wie das gewöhnlich der Fall ist, mit den Excrementen der Thiere in Berührung gekommen war oder nicht. Im ersten Falle wird die Gährung ungemein beschleunigt, und Harn, der mit Excrementen in Berührung war, enthielt (nach Fraas) 24 Stunden nach dem Fliessen nur mehr Spuren von Harnstoff und Hippursäure, beide waren schon in Ammoniak verwandelt. Ferner ist die Beendigung der Harngährung noch von der Witterung beeinflusst. Im Sommer dauert sie 12—16 Tage, im Winter länger. Die Verflüchtigung des Ammoniaks und der hierdurch verursachte Verlust ist sehr bedeutend. Auf die Grösse des Verlustes hat aber der Umstand, ob sich die Jauche in einem flachen oder hohen Behälter befindet, wesentlichen Einfluss. Ein Versuch zeigte, dass in flachem offenen Gefässe das Ammoniak schon nach vier Tagen auf 1/4 der ursprünglichen Menge sank, dies ist auch der Grund, warum die Jauchenbehälter mehr tief als flach angelegt sein müssen. Zugleich ist einleuchtend, wie unberechenbar der Verlust an Ammoniak sein muss, wenn, wie leider so häufig, der Landwirth die Jauche in Pfützen auf dem Hofe stehen lässt und so der Sonne und dem Wind und damit erst recht der Verflüchtigung dieses kostbaren Stoffes aussetzt.

Die Jauche muss, um Ammoniak nicht zu verlieren, den Lehren der Chemie entsprechend, behandelt werden. Es gibt Mittel genug, welche mit dem Ammoniak eine chemische, aber nicht flüchtige Verbindung eingehen, dasselbe folglich binden und vor der Verflüchtigung schützen. Solche, Ammoniak bindende Mittel sind u. A.:

Salzsäure, Schwefelsäure*) und andere Substanzen, welche diese Säuren enthalten, wie Gyps (schwefelsaurer Kalk), Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul); ferner: die Gyps und Eisenvitriol und andere schwefelsaure Salze enthaltenden sogenannten Schwefelkohlen (Oppelsdorfer, Muckower). Die Wirkungsart bei allen diesen Stoffen ist immer die, dass das Ammoniak in der Jauche sich mit der Salzsäure oder Schwefelsäure zu nicht flüchtigem Chlorammonium oder schwefelsaurem Ammoniak verbindet.

Gyps hat den Nachtheil, dass er sich in Folge seiner Schwerlöslichkeit auf dem Grunde der Jauchengrube ansetzt. Salzsäure aber erzeugt, in Ställen angewendet, durch Bildung von Salmiak (Chlorammonium) nachtheilige weisse Nebel; im Freien hingegen ist diese Säure ganz gut anwendbar und anzuempfehlen, da sie zugleich das billigste Ammoniak bindende Mittel ist.

Die festen Ausscheidungen (Excremente, Mist, Koth) haben eine vom Harn ganz verschiedene Zusammensetzung, wie Analysen-Ergebnisse von Stohmann, Rogers, Boussingault, Girardin und R. Hoffmann zeigen:

1000 Pfund frischen Mistes von

enthalten:	Rindern	Pferden	Schafen	Schweinen	Hühnern	Tauben
	Pfunde					
Gesammtmenge an trockenen Stoffen	144	240	420	200	190	750
Hierin: Stickstoff	$2^1/_2$	5	7	6	3	45
Gesammt-Mineralstoffe	17	30	60	50	51	150
Hierin: Kali	$2^1/_2$	3	4	$3^1/_2$	2	35
„ Kalk- und Talkerde .	4	$1^1/_2$	15	$2^1/_2$	7	50
„ Phosphorsäure . . .	$1^1/_2$	$3^1/_2$	6	$^3/_4$	6	30
„ Schwefelsäure . . .	$^1/_2$	$^1/_2$	$2^1/_2$	$^1/_2$	?	?
Jährliche Menge der Excremente in Pfunden beiläufig . . .	20000	12000	760	von 100 Stück 1800	300	200

*) Bei Anwendung von Schwefelsäure ist stets grosse Vorsicht zu beobachten, indem sie, die Haut berührend, gefährliche Brandwunden hervorbringt.

Aus diesen Zahlen ergibt sich etwa Folgendes: Rindermist ist der wasserreichste, hat aber nur eine geringe Stickstoffmenge; seine compacte Beschaffenheit nach dem Austrocknen erschwert seine Zersetzung ungemein, er wirkt daher langsam aber nachhaltig. Weniger wässerig schon ist der Hühnermist, dann folgt jener der Pferde mit hohem Stickstoffgehalte und von trockener und lockerer Beschaffenheit, daher er treibend, wenn auch natürlich nicht nachhaltig wirkt. Noch höheren Werth hat der Schweinemist, doch ist dabei eine kräftige Fütterung vorausgesetzt, welche bei uns in der Regel viel zu wenig, in England z. B. aber als Normale beobachtet wird. Daher auch der grosse Unterschied zwischen dem Werthe deutschen und englischen Schweindüngers, welch' letzterer als einer der kräftigsten gilt.

Schafmist und noch mehr Taubenmist zählen zu den werthvollsten Mistsorten, da sie die geringste Menge Wasser enthalten, an Stickstoff und allen anderen Nährstoffen reich sind und sich schnell zersetzen, trotzdem sie fester als die Pferdeexcremente sind.

Wir haben zunächst noch die anderen Einflüsse auf die Menge und Art der Entleerungen zu erörtern.

Diese sind ausser der Gattung der Thiere die Menge und Art des Futters, sowie das Alter, die Benutzungs- und Abwartungsart der Thiere. Je reichlicher und kräftiger die Fütterung ist, desto mehr und bessere flüssige und feste Ausscheidungen werden erhalten, wobei sich die Art der Zusammensetzung des Futters auffallend geltend macht. Aus den Fütterungsversuchen von Henneberg und Stohmann ergibt sich, dass die stickstoffreichsten Fütterungen auch den stickstoffreichsten Mist mit dem grössten Phosphorsäuregehalt liefern. Es enthielten 1000 Gewichtstheile Mist nach einem Futter von 12½ Pfd. Kleeheu, 26½ Pfd. Rüben, 1 Pfd. Rapskuchen, 41 Pfd. Wasser per 1000 Pfd. Lebendgewicht nur 1 Pfd. 12 Loth Stickstoff und 1 Pfd. 6 Loth Phosphorsäure; hingegen bei einem Futter von 19½ Pfd. Kleeheu und 52½ Pfd. Wasser 4 Pfd. Stickstoff und 2 Pfd. Phosphorsäure. In gleichem Zusammenhange steht mit dem Stickstoff- und Alkaliengehalt des Futters auch der Stickstoff- und Alkaliengehalt des Harns. Ueberhaupt steht fest, dass je mehr nährende Stoffe dem Thiere durch die Futtermittel geboten werden, desto reicher der Mist an den wichtigsten Pflanzennährstoffen sein, und dass durch die viel Wasser enthaltenden Futtermittel, oder bei zu vielem Tränken der Thiere sehr viel, aber auch sehr verdünnter Harn producirt wird. Nach

In diesem Falle muss vor Allem die Schwefelsäure von der Wunde durch Abtupfen mit trockenem Fliesspapier oder trockenen Linnen entfernt und dann erst kann sie mittelst Anwendung von Wasserumschlägen behandelt werden.

Henneberg und Stohmann liess ein Ochse bei 53 Pfd. Tränkwasser täglich 13 Pfd., bei 73 Pfd. aber 18 1/2 Pfd. Harn, natürlich war letzterer auch um so verdünnter, d. h. ärmer an Pflanzennährstoffen.

Rücksichtlich des Einflusses der Benützungsart der Thiere gilt, dass ein Thier unter sonst gleichen Umständen um so mehr und reicheren Mist liefert, je mehr Ruhe es hat, z. B. das Mastvieh. Arbeitsvieh hingegen, welches sich viel bewegen und anstrengen muss, kann nur weniger und ärmeren Dünger liefern, weil durch die Bewegung das Athmen und Schwitzen befördert wird, wodurch ein Theil der Stoffe verloren geht. Dem Milchvieh wird ein beträchtlicher Theil der Futterstoffe (etwa 1/3—1/4 der flüssigen und festen Ausscheidungen) durch die Milch entzogen, und dadurch der Mist um werthvolle Düngerstoffe ärmer.

Endlich ist auch das Alter des Thieres maassgebend, denn noch im Wachsthum begriffene Thiere benöthigen einen grossen Theil der Nährstoffe zum Aufbau des Körpers, ihr Mist wird also dem entsprechend um Düngerstoffe ärmer werden. Nach Stöckhardt wurde im Harn eines mit Milch ernährten Kalbes durch die chemische Untersuchung in 1000 Pfd. nur 1 Pfd. fester Stoffe und 1 Pfd. Stickstoff gefunden, während in derselben Harnmenge einer erwachsenen Kuh 80 Pfd. feste Bestandtheile und 8 Pfd. Stickstoff vorkamen. Doch lässt sich in der Praxis der Mist von Jungvieh dadurch sehr verbessern, dass man letzteres kräftiger füttert.

Die jährlichen Verluste durch unvollständige Ausnutzung thierischer Entleerungen sind ausserordentlich und zeigen sich am auffälligsten in den Summen der Erzeugnisse eines ganzen Landes.

Es werden alljährlich im Durchschnitte geliefert:	von einem Stück				100 Stück	
	Rind	Pferd	Schaf	Schwein	Hühner	Tauben
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Harn und feste Excremente . .	28000	15000	1140	3000	300	200
Gesammtmenge an trockenen Stoffen	3376	3210	370	390	57	150
Hierin: Stickstoff	106	96	10	14 1/2	1	9
Gesammt-Mineralstoffe	556	450	59	102	15	30
Hierin: Kali	226	87	10 1/2	15	—2/3	7
„ Kalk- und Talkerde .	86	42	13	5	2	10
„ Phosphorsäure . . .	30	42	4 2/3	3	1 3/4	6
„ Schwefelsäure . . .	18	10 1/2	3 1/2	1 1/2	?	?

Hiernach lassen sich die Summen leicht berechnen, welche nach dem Besitzstand in Böhmen v. J. 1857 bei 159,000 Pferden,

1,100,000 Rindern, 1,500,000 Schafen und 244,300 Schweinen an den werthvollsten Düngerstoffen sich ergeben müssen. Harn und Mist dieser Thiere allein schon liefern jährlich 150 Millionen Pfd. Stickstoff und 282 Millionen Pfd. Kali, welche Summen etwa 1500 Millionen Pfund Guano zu 10% Stickstoff und etwa 606 Millionen Pfund Kalisalpeter gleich kommen würden.

Und doch geht alljährlich ein grosser Theil jener kostbaren Stoffe durch Unwissenheit und Gleichgültigkeit unwiederbringlich verloren. Man blicke in die Höfe der meisten kleinen Wirthe so vieler Länder, begegnet man da nicht überall dem landesüblichen Weglaufenlassen der Jauche?! Wie werden überhaupt die Massen von festen und flüssigen Ausscheidungen behandelt? Und nun vergleiche man damit die meist musterhafte Behandlungsweise in Belgien. Hier beschäftigen sich z. B. sogar Leute mit dem Einsammeln des zerstreut auf den Strassen liegenden Mistes und verkaufen ihn an die Landwirthe. Ebenso sieht man auch schon in Oberösterreich den Heerden beim Aus- und Eintrieb Leute mit Körben zum Sammeln des Mistes folgen.

b. Die Einstreu.

Durch das Streumaterial soll der Harn, so wie die aus letzterem sich entwickelnden Gase möglichst aufgesogen und festgehalten werden, die festen Excremente aber eine entsprechende Einhüllung und Vertheilung erhalten. Die Einstreu muss also von der Beschaffenheit sein, dass sie gemengt mit den Ausscheidungen an Umfang gewinnen, leicht in Verwesung übergehen, durch die Art ihrer Bestandtheile den Düngerwerth erhöhen und zugleich den Thieren ein warmes, trockenes, weiches und gesundes Lager bieten kann.

Die Art der Einstreu ist also von wichtigem Einflusse namentlich auf die physikalischen Eigenschaften des Düngers; aber auch dessen Düng-Werth überhaupt wird durch die Wahl und Art der Streumittel bedingt. Es ist dabei selbstverständlich auch Rücksicht auf die Beschaffenheit des Bodens zu nehmen, so ist z. B. für bindigen Boden Streumaterial zu wählen, das durch seine Form und Raumverhältnisse lockernd wirkt; für lockeren Boden hingegen solches, das mehr Zusammenhang besitzt und weniger Raum bedarf. Bei Beobachtung dieser Regel wird man das für einzelne Fälle Erforderliche leichter bestimmen können.

Die vorzüglichsten Streumittel sind die verschiedenen Stroharten (Strohstreu), Sumpfpflanzen (Teichstreu), Moose, gemengt mit dem Abfalle der Nadelhölzer (Waldstreu), die kleinen frischen Zweige der Nadelhölzer (Hackstreu, Schneidstreu),

dürres Laub (Laubstreu). Ausserdem verwendet man im Nothfalle auch Rasen (Plaggenstreu), Torf (Torfstreu), an organischen Stoffen reiche Erden (Moorerdestreu), gewöhnliche Erde (Erdstreu), ja selbst Sand (Sandstreu).

Ueber die chemische Zusammensetzung des Streumaterials, welche wesentlichen Einfluss auf den Werth des Düngers nimmt, gibt nachstehende Tabelle Aufschluss.

1000 Pfund trockener Substanz enthalten:	Stickstoff	Kali	Phosphorsäure
Weizenstroh	4,8	7,33	2,58
Roggenstroh	4,0	9,22	2,46
Gerstenstroh	6,4	10,97	2,15
Haferstroh	5,6	10,40	2,20
Rapsstroh	5,6	13,42	2,93
Stroh von Hülsenfrüchten	10,4	11,75	4,13
Buchweizenstroh	13,0	28,82	7,31
Buchenblätter	8,0	2,07	2,85
Eichenblätter	8,0	1,64	3,96
Kastanienblätter	—	5,90	2,50
Nussbaumblätter	—	7,60	1,10
Kiefernadeln	5,0	1,97	1,98
Fichtennadeln	—	1,05	2,58
Besenpfriemen	—	6,45	1,51
Binsen	—	22,05	5,04
Farrenkraut	—	24,05	5,53
Haidekraut	10,0	2,68	1,40
Riedgräser	—	23,10	4,70
Rohrschilf	—	83,30	2,76
Schachtelhalm	—	27,00	4,10
Seegras	14,0	19,35	4,68
Simsen	—	22,05	5,04
Gerberlohe	—	4,4	1,1
Sägespäne	—	0,2—2,0	0,1—1,5
Torferde	2,5	—	—
Moos	—	2,6	0,9

Dem Düngerwerth nach lassen sich die Stroharten in absteigender Ordnung etwa folgendermassen rangiren:

Buchweizenstroh	Gerstenstroh
Wickenstroh	Haferstroh
Erbsenstroh	Roggenstroh
Rapsstroh	Weizenstroh

Nach dem grösseren oder geringeren Vermögen, die flüssigen Bestandtheile des Düngers aufzusaugen, lassen sich die gebräuchlichsten Streustoffe in folgende Reihenfolge bringen:

Torferde	Stroh von Hülsenfrüchten
Winterroggenstroh	Rapsstroh
Weizenstroh	Erde
Sommergetreidestroh	Haidekraut
Gerberlohe	Abfälle von Nadelholz
Sägespäne	Laub

Stroh bietet also in jeder Beziehung das beste Streumaterial und keine andere Substanz kommt ihm hierin gleich. Wegen seiner eigenthümlichen Form ist es ganz besonders und wie kein anderes Material geeignet, Gase und Flüssigkeiten aufzusaugen und festzuhalten; überdies enthält es selbst auch nicht unbedeutende Mengen der wichtigsten mineralischen Nährstoffe, Kali, Kalk, Phosphorsäure und geht rasch in Verwesung über. Rohrkolben, Binsen, Schilf und andere Wasser- und Sumpfpflanzen (Teichstreu) kommen dem Stroh am nächsten und namentlich Rohrkolben zeichnen sich durch grossen Kalireichthum aus. Schilf soll im grünen Zustande verwendet werden, weil es sich nur dann rasch zersetzt.

Obschon weder zur Teichstreu noch zur gewöhnlichen Waldstreu gehörig, sind hier auch die in Schluchten und Waldungen häufigen Farrenkräuter aufzuführen und als Streu sehr zu empfehlen, da sie gleichfalls hohen Kalireichthum mit bedeutendem Aufsaugungsvermögen verbinden.

Weit geringeren Werth hat die Waldstreu, weil sie ungleich weniger flüssige Ausscheidungen einzusaugen und festzuhalten vermag und ärmer an düngenden Bestandtheilen ist.

Laubstreu hat den Nachtheil, dass die Jauche nur äusserlich haftet und nicht in die Blätter, am wenigsten in die mit Gerbstoff versehenen, wie jene der Erlen, Eichen und Nussbäume, dringt.

Die Hackstreu, aus kleineren Zweigen der Nadelhölzer bestehend, ist von durchaus schlechter Beschaffenheit, von geringem Aufsaugungsvermögen, zersetzt sich auch nur langsam, doch trägt sie zur Lockerung bindigen Bodens bei. Wegen des harten und nur schwer trocken zu erhaltenden Lagers, das sie gleich der Laubstreu den Thieren gewährt, kommt sie nur in Gebirgswirthschaften als unentbehrliches Ersatzmittel des Strohes oder in grösseren Wirthschaften als Aushilfe beim Mastvieh und zur Unterlage in Schafställen zur Anwendung.

Torf ist zuweilen mit Vortheil als Streu verwendbar, besonders wenn er noch jung und mit Pflanzenresten, die ihre Structur noch beibehalten haben, versehen ist; er besitzt dann ein dem Rohr

fast gleichkommendes Aufsaugungsvermögen. Zersetzter Torf (Moorerde oder Torferde) ist nur wenig zu Streu geeignet.

Die Sägespäne sind wegen ihrer Elasticität besonders für kranke Thiere geeignet und repräsentiren ein für Aufsaugung von Flüssigkeit und Absorption von Gasen und Miasmen sehr empfehlenswerthes Streumaterial.

Trotz seines verhältnissmässig hohen Stickstoffgehaltes ist das Haidekraut nur als jüngeres Kraut ein leidlich gutes Streumaterial, hingegen zersetzen sich die älteren, verholzten Theile nur sehr schwer im Boden.

Das Seegras, welches sehr viel Asche, besonders Natron, enthält, ist in den Küstenländern mit Vortheil zur Streu verwendbar.

Alle diese Streumittel wirken im Dünger lockernd auf bindige Bodenarten; schon weniger die Plaggenstreu, welche aus Rasenstücken besteht und den Uebergang bildet vom pflanzlichen Streumaterial zur

Erdstreu, zu der natürlich nur solche Erdarten verwendbar sind, welche die Jauche gut aufsaugen und die Gase vollkommen zu binden vermögen, z. B. Torf-, Moor- und Walderde. Nicht verwendbar sind die zu bindigen und bei Nässe zergehenden Bodenarten, wie Thon. Aber selbst die geeignetste Erde erfordert viel Mühe und bedeutende Kosten. Auch hält es bei der gewöhnlichen Stalleinrichtung schwer, die nöthige Reinlichkeit zu bewahren. Dies sind Gründe gegen die allgemeine Verwendung der Erdstreu, denn bezüglich der Absorption der Jauche und Gase so wie der Güte des aus ihr erzeugten Düngers wäre gegen sie nichts einzuwenden. Noch schwieriger als Erde und nur im äussersten Nothfalle ist

Sand als Streumaterial anwendbar, mit welchem gar kein wichtiger Nährstoff dem Feld zugeführt wird. Wohl wirkt aber ein mit Sand gemengter Dünger physikalisch günstig auf schwere Bodenarten.

Ausser diesen Streumitteln seien auch die aus Mangel an besseren in der Praxis sonst noch angewendeten erwähnt: Kartoffelkraut, Topinamburstengel, Gerberlohe, Hobelspäne u. a. m., wie sie durch die Noth und locale Verhältnisse geboten werden mögen. Die Menge des anzuwendenden Streumaterials richtet sich nach seiner Verschiedenheit, nach der Gattung und Benutzungsart der Thiere und nach der Stalleinrichtung. Bezüglich der Thiergattung benöthigt das Rindvieh und unter diesem das Mastvieh die meiste Einstreu.

Von Strohstreu verwendet man täglich durchschnittlich auf

1 Rind 5—6 Pfund, 1 Jungvieh 2—3 Pfund, 1 Pferd 4—6 Pfund, 1 Schaf ½ Pfd., 1 Schwein 2—3 Pfd. Von anderem Streumaterial rechnet man auf Teichstreu das 2fache, auf Laub das 7fache, auf Hack- und Waldstreu das 8fache, auf Erdstreu das 10—12fache und nach diesem Verhältnisse hat man sich auch bei den werthloseren Streumitteln zu richten.

c. Bereitung und Aufbewahrung des Stalldüngers.

Aufgabe der Bereitung und Aufbewahrung des Stalldüngers ist, die flüssigen und festen Entleerungen der Thiere mit dem Streumaterial möglichst gut und gleichmässig zu vermengen und dies Gemenge durch Fäulniss (Verrottung, Gährung) bis zu jenem Grade gleichmässig sich zersetzen zu lassen, bei welchem die meisten Nährstoffe in den durch die Wurzeln der Pflanzen aufnehmbaren Zustand gelangt sind, ohne doch dabei durch Verflüchtigen oder Auslaugen werthvolle Theile zu verlieren. Hiemit ist auch zugleich der leitende Grundsatz für die Stalldüngerbehandlung gegeben.

Im wesentlichen sind dreierlei Arten der Düngerbehandlung zu unterscheiden, nämlich die erste im Stalle selbst, eine zweite auf der Düngerstätte, und die dritte ist jene, bei welcher man den Dünger im frischen Zustande, ohne ihn einer Zersetzung zu unterziehen, unmittelbar auf das Feld bringt. Auf welche dieser drei Arten man nun auch den Dünger bereiten und behandeln will, stets muss man damit schon im Stalle selbst zweckmässig beginnen und der Stall daher auch die entsprechende Beschaffenheit haben.

Einrichtung des Stalles und Behandlung der Einstreu. Das Stallpflaster darf nirgends mangelhaft, ungleich vertieft oder gar durchlässig sein, es muss eine gegen die Rückseite des Standes mässige Neigung haben, damit sich die von der Streu nicht aufgenommene Jauche in der an der tiefsten Stelle befindlichen Rinne (Jauchenrinne, Kuhgraben) ansammeln und in den Behälter abfliessen kann. Um die Jauchendichtheit des Pflasters zu bewahren, ist es nöthig, demselben eine festgestampfte Lehmschichte als Unterlage zu geben, und auf diese erst die Steine zu legen, deren Fugen mit dem gleichen Kittgemenge, wie bei dem Jauchenbehälter, dicht an einander zu schliessen (zu vergiessen) sind.

Als Pflastermaterial sind demnach auch thunlichst grössere Steinplatten oder mit Steinkohlentheer getränkte Pflaster- oder auch Mauerziegel zu verwenden und letztere behufs Dauerhaftigkeit auf die schmale Kante zu stellen. Ist man genöthigt, für Pferdestallungen Holzbohlen anzuwenden, so müssen diese gleichfalls mit

Theer getränkt werden. Eben so undurchlässig, sowie verdeckt und bei seiner Einmündung in den Stall gegen Verstopfung vergittert soll der Canal sein, der die Jauche aus dem Stalle in den Behälter ableitet.

Nur so lässt sich dem Verlust der werthvollen Jauche vorbeugen und die Stallmauer vor dem Schadhaftwerden bewahren. Bei schneller Ableitung der Jauche wird der Mauerfrass verhindert, der dadurch entsteht, dass sich aus dem Ammoniak der Jauche mit dem Kalke der Mauer salpetersaurer Kalk bildet.

Als Streumaterial nimmt Stroh, wie schon oben erwähnt, die erste Stelle ein. Je nach seiner Länge wird es ein- bis zweimal zerschnitten, weil es sich so leichter mit den Mistfladen mengt und auch an Stroh erspart wird. Zum Lager der Thiere muss das Stroh gleichförmig ausgebreitet und die Auswürfe mit neuem Stroh bedeckt werden. Vor dem Ausmisten wird das noch trocken gebliebene Stroh nach den Vorderfüssen der Thiere gezogen, um nach dem Ausmisten auf's Neue zur Einstreu benützt zu werden. Gleiches Verfahren gilt für die Einstreu von Rohr, Binsen, Schilf oder anderen langhalmigen Teich- und Sumpfpflanzen. Muss Wald-, Laub-, Nadel- oder Plaggenstreu bei Rindern verwendet werden, so ist es zur Erhaltung der Reinlichkeit nöthig, über solche Streu jedesmal eine Schichte von Stroh zu breiten. Ungleich mühsamer ist die Behandlung, wenn Erde oder Sand als Streu angewendet wird, nicht nur wegen des weit grösseren Bedarfs, sondern weil die durchweichte Erde stets alsogleich von der trockenen entfernt, auf Häufchen abgesondert und unter das Thier trockene Erde aufgestreut werden muss. Ueberdies erfordert der Fussboden bei Erdstreu ein viel stärkeres, trächtige Kühe leicht gefährdendes Gefälle und am tiefsten Punkte das Anbringen von Querleisten, um die Erde festzuhalten. Das Ausmisten in Rindstallungen geschieht mittelst der Misthacke und gewöhnlich auf der Tragbahre, viel zweckmässiger aber durch Schubkarren mit jauchedichtem Boden.

Das eben Gesagte gilt im Allgemeinen von der Stalleinrichtung und Behandlung der Streu; speciell müssen dann je nach der Thiergattung, der Fütterungsart, der Einstreu und deren Vorrath, der Jahreszeit, Art der Düngerbehandlung und den Reinlichkeitsanforderungen, die weiteren nöthig werdenden Einrichtungen getroffen werden.

So ist bei der Behandlung des Düngers im Stalle, wo nämlich der Dünger unter dem Vieh monatelang verbleibt, wie dies in Belgien, der Schweiz und anderen Ländern von hoher Cultur üblich, dem Stall eine besondere Einrichtung zu geben. Derselbe muss nicht nur viel höher und breiter sein, sondern auch wegen

des sich anhäufenden Düngers eine Einrichtung zum Höherstellen der Futtertröge erhalten. Höher müssen solche Stallungen auch wegen entsprechender Ventilation und breiter deswegen sein, damit die Düngerwagen bequem hindurchfahren können.

Diese Art der Behandlung bietet an sich keine Schwierigkeiten, die Arbeit beschränkt sich wesentlich auf die frische Zufuhr von Streu. Durch die Thiere wird der Dünger zusammengetreten und stets in compactem Zustand erhalten, dadurch wird seine Aufnahms- und Fixirungsfähigkeit von Ammoniak bedeutend erhöht und in Folge der gleichmässigen Stallwärme, des Schutzes gegen Wind, Sonne und Regen auch eine gleichmässige Verrottung ohne Verlust wichtiger Nährstoffe erreicht. Freilich ist dabei die gehörige Streuzufuhr vorausgesetzt, denn sobald diese mangelt, entsteht eine Ansammlung von Jauche, für deren Abfluss in angegebener Weise sofort gesorgt werden muss. Wenn übrigens auch ein bedeutender Theil gasförmigen Ammoniaks in dem so behandelten Dünger ohne sonstige Zugabe fixirt bleibt, ist es doch rathsam, von Zeit zu Zeit Ammoniak bindende Mittel anzuwenden. Ganz besonders an heissen Sommertagen, wo die Ammoniakentwicklung sehr bedeutend und die Streu nicht mehr im Stande ist, die ganze Menge aufzufangen oder an sich zu halten, so dass die Luft mit diesem Gase zu stark beladen wird. Dies hat nämlich abgesehen von dem Verluste dieses wichtigen Stoffes manche andere Nachtheile im Gefolge. Zur Bindung des Ammoniaks schütte man etwa 1 Pfund Schwefelsäure in einen Zuber (circa 2 Eimer) Wasser und begiesse mit hölzerner Kanne von Zeit zu Zeit den Dünger. Statt der Schwefelsäure kann man auch Gyps anwenden, mit dem man (für 1 Stück Rind täglich etwa 1 Pfd.) den Dünger überstreut. Die Anwendung von Gyps hat auch noch den Vorzug, dass dadurch der Fäulnissprocess im Dünger verlangsamt wird.

Als Vortheile einer solchen Behandlung des Düngers im Stalle, wie sie besonders bei Schafen üblich ist, kann man bezeichnen: ein sehr geringer Arbeits-, demnach geringerer Kostenaufwand, vor Allem aber das Gewinnen eines sehr kräftigen Düngers, der alle festen und flüssigen Entleerungen der Thiere mit der Streu vollkommen vermengt, in einem gleichmässig, jedoch nicht allzusehr verrotteten Zustande enthält. Nachtheile dieses Verfahrens hingegen sind: sehr bedeutender Streuaufwand, der bei wässerigem Futter, wie Schlempe, ja schon bei Grünfutter durch die vermehrte flüssige Entleerung schwer zu bewältigen ist, in Folge dessen dann auch der Dünger sich verschlechtert; ferner die Kostspieligkeit der Stalleinrichtung, sowie die schädlichen Einflüsse auf die Gesundheit der Thiere durch zu sehr erhöhte Stallwärme und durch die sich

entwickelnden Gase, endlich die möglichen nachtheiligen Wirkungen auf die Beschaffenheit der Milch.

Um einige dieser Nachtheile zu beseitigen, hat man in manchen Gegenden Belgiens ein von dieser Düngerbereitungsart abweichendes Verfahren eingeschlagen, nach welchem der Dünger zwar auch im Stalle angesammelt, aber nicht unmittelbar unter dem Vieh liegen gelassen, sondern täglich weg und in einen muldenförmig vertieften Raum hinter den Viehständen geschafft wird, von wo er alle 3 bis 4 Wochen, im Winter noch später, auf das Feld gefahren wird. Dombasle, Thaer und Schwerz sprechen sich lobend über dieses Verfahren aus.

Die Behandlung des Düngers auf der Düngerstätte (Miststätte, Düngerlage) unterscheidet sich wesentlich von der vorigen. Es wurde schon früher mehrfach gerügt, wie verkehrt und verschwenderisch die Düngerstätten bei uns noch vielfach behandelt sind und es soll nun gezeigt werden, wie dieselben richtig und nutzbringend anzulegen und zu behandeln sind.

Als Platz für die Anlage der Düngerstätte muss die Schattenseite des Hofraums und zwar so gewählt werden, dass die Düngerstätte zugleich gegen Ueberschwemmung und Wind geschützt liege und dass eine bequeme Zu- und Wegfuhr des Düngers auf gepflasterten Wegen von allen Seiten möglich ist. Ist die Anlage durchaus nicht an der Schattenseite ausführbar, so ist die Düngerstätte durch nicht zu nahe Anpflanzungen, am besten der grauen und weissen Pappel, zu beschatten, welche Anpflanzung überhaupt, so weit sie der Zufahrt der Düngerwagen nicht hinderlich wird, unter allen Umständen sehr anzuempfehlen ist.

Die Düngerstätte muss die dem Viehstande, der Fütterung, Einstreu und dem Zeitraum zum Abliegen des Düngers entsprechende Grösse haben.

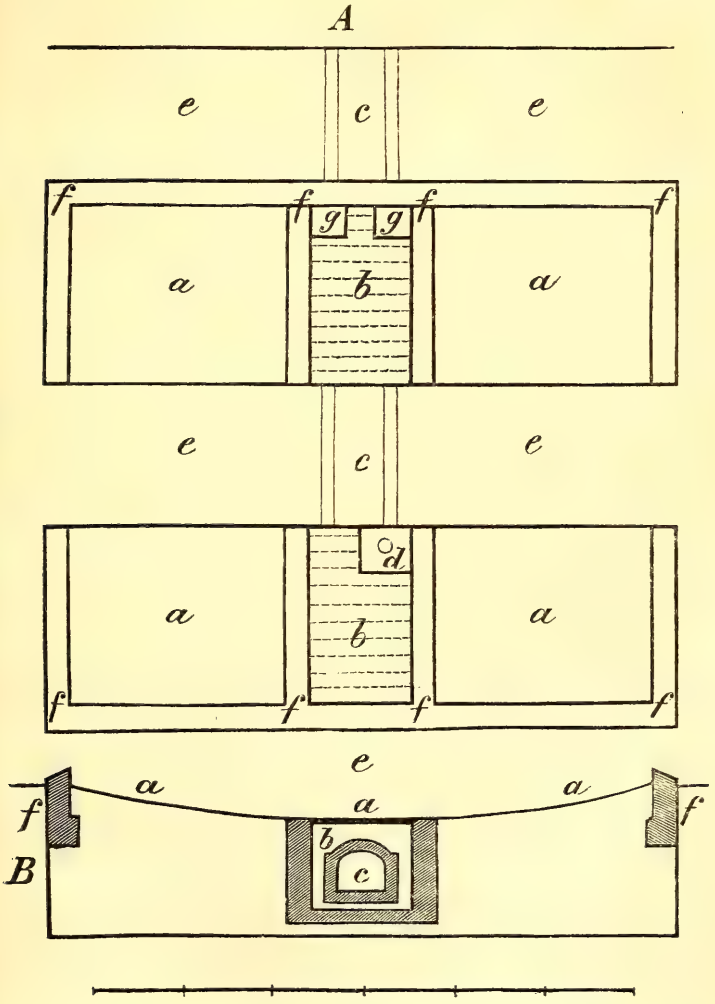
Bei 1,30 Meter Höhe des aufgesetzten Düngers berechnet man für das Pferd 10 □Meter, für das Rind 7 □Meter, für das Schwein 2 □Meter und für das Schaf 0,75 □Meter Flächenraum.

Die Sohle (Fussboden) der Düngerstätte muss nach dem Jauchenbehälter zu so gleichmässig und ohne Unebenheiten geneigt angelegt werden, dass in ihm alle aus dem Düngerhaufen abziehende Flüssigkeit sich sammeln kann; ferner muss die Sohle undurchlässig sein*), damit die Jauche nicht in die Erde versickern oder Stau- und

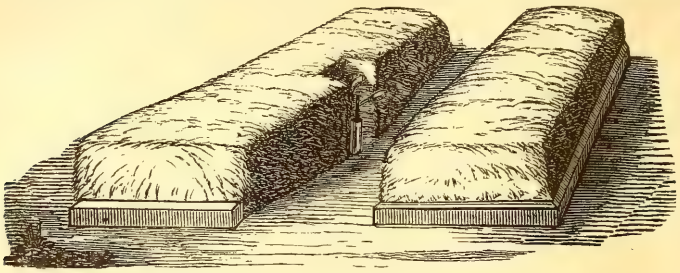
*) Ritthausen (Centralbl. f. Agriculturchem. Juli 1876. p. 35) berechnet den bei einer durchlassenden Düngergrube in Waldau im Laufe der Jahre entstandenen Verlust auf 35000—50000 Pfd. Phosphorsäure im Werthe von 3500 bis 5000 Thaler und 30—45000 Pfd. Kali, im Handelswerthe von circa 2—3000 Thaler.

Grundwasser in dieselbe dringen kann, daher eine festgestampfte Thonlage, oder will man mehr daran wenden, eine Pflasterung nöthig ist.

Grundriss einer Düngerstätte.



Perspectivische Ansicht der beiden Düngerlagen.



Erklärung der Abbildungen:

A Der Stall.

B Durchschnitt der Düngerlagensohlen und des Jauchencanales.

(Gleiche Bezeichnungen haben gleiche Bedeutung)

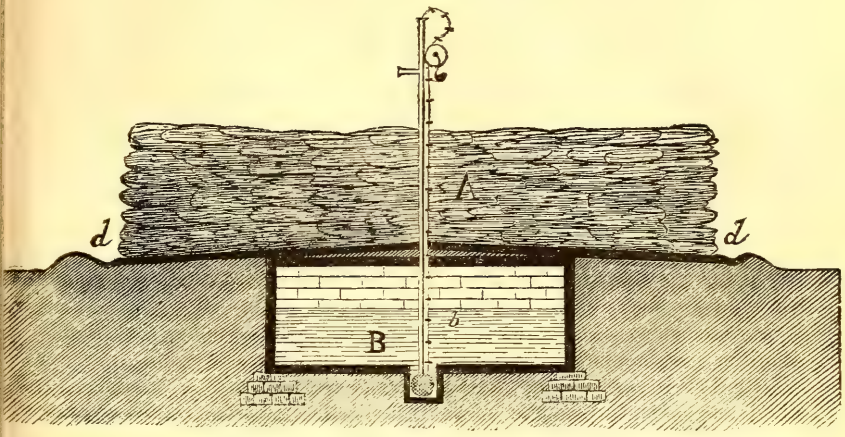
a Abtheilungen für den Dünger.
b Ueberwölbter Jauchencanal mit Oeffnungen zum Einfliessen der Jauche.
c Jauchencanal aus dem Stalle.
d Jauchenbehälter und Pumpe.
e Gepflasterte Fahrwege.
f Einfassungsmauer.
g Aborte für das Gesinde.

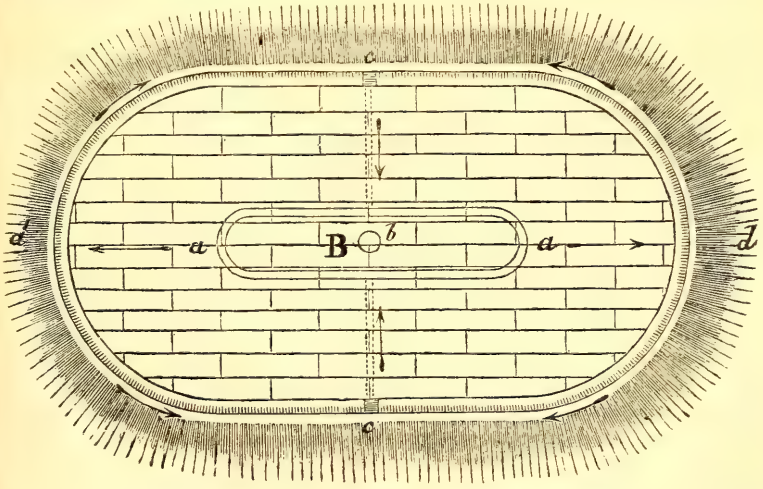
Der Jauchenbehälter muss so angelegt werden, dass von ihm aus der Dünger jeder Zeit nach allen Richtungen und Höhen begossen werden kann, wozu man sich entweder gewöhnlicher Handschapfen mit langem Stiel oder schneller der eingesetzten Jauchenpumpe bedient. Die wohlfeilere Druckpumpe ist aus Holz, an deren Ausflussöffnung Holzrinnen auf Holzböcken gelegt werden, um die Jauche nach dem verlangten Orte zu leiten. Kostspieliger aber sehr empfehlenswerth ist die eiserne drehbare Saug- und Druckpumpe, mit der sich die Jauche in einem Strahl nach jedem Orte und jeder Richtung des Düngerhaufens bequem treiben lässt.

Die Seitenwände der Düngerstätte müssen undurchlässig, ausgemauert oder wenigstens mit Lehm ausgeschlagen werden und etwa $^1/_2$ Meter den Boden überragen, um das Eindringen von Regenwasser zu hindern.

Eine etwas abweichende Form zeigt die im Elsass sehr übliche Düngerstätte. Beifolgende Figuren zeigen den Grundriss dieser ovalen Form. Ihr wesentlicher Unterschied gegenüber den in Norddeutschland üblichen Düngerstätten liegt darin, dass die Fläche nicht nur um einige Centimeter höher liegt, als die sie umgebende Fläche des Hofes, sondern sie ist auch in der Mitte höher als an der Peripherie, welche letztere von einem mit Klinkersteinen hergestellten Gerinne umgeben ist. Die Fläche *a* fällt von *b* nach *c* und *d* ab; die Düngerstätte selbst ist mit guten Klinkersteinen

abgepflastert und ist das die Fläche umgebende Gerinne so hoch gelegt, dass das Regenwasser vom Hofe nicht in dasselbe gelangen kann. Bei *B* ist inmitten der Düngerstätte ein gewölbtes Jauchenbassin angelegt, bei *b* steht eine Kettenpumpe.





Um gleichmässig abgelegenen Dünger zu erzielen, ist die Düngerstätte in mehrere Abtheilungen zu scheiden, die aber nur etwa 4 Meter breit sein dürfen, so dass der Dünger auf die am

Wege zu den beiden Seiten stehenden Wagen bequem geschafft werden kann. Ein längliches Viereck ist die angemessenste Form einer Düngerstätte. Sie darf nicht zu tief in den Boden, höchstens $^1/_2$ Meter reichen, muss aber doch jedenfalls etwas tiefer als die Stallsohle liegen, um dem Jauchencanal ein hinlängliches Gefälle geben zu können. Für kleinere Wirthschaften oder da, wo der Raum eine eigene Düngerstätte nicht gestattet, wird eine wasserdicht ausgemauerte, mit Bohlen bedeckte Grube aushelfen müssen.

Die Ueberdachung der Düngerstätte ist unnöthig, es genügt, wenn man sie vor der Sonne möglichst schützt und überhaupt darauf achtet, dass alle durch den Regen aus dem Düngerhaufen aufgenommenen Stoffe wieder auf denselben zurückgelangen.

Mit diesen ersten Anlagserfordernissen ist es aber nicht allein gethan. Der Landwirth hat auch die weitere Behandlung den Zwecken der Anlage entsprechend durchzuführen und dabei folgende Regeln zu beachten:

Zunächst ist die Düngerstätte an den Seitenwänden mit Strohzöpfen (Wülsten, Wellen) auszulegen, die aus Langstroh mit der Mistgabel gefertigt, gut zusammengetreten, in der Mitte überlegt, und abermals festgetreten, und dann Welle an Welle gefügt werden. Es ist dieses Einflechten von Seitenwänden zwar nicht unumgänglich nöthig, doch abgesehen von der Sauberkeit wegen des besseren Schlusses sehr anzuempfehlen; wegbleiben kann es natürlich da, wo die Düngerstätte schon eine Bretter- oder Steinwandung hat oder als Düngergrube im Boden versenkt ist. Der zuerst auf die Stätte gebrachte Dünger darf nicht gleich auf der ganzen Bodenfläche ausgebreitet, sondern es müssen zunächst die entferntesten Stellen ausgefüllt werden; dann erst ist der weitere Dünger mit der Gabel sorgfältig gleichmässig und in gleicher Höhe mit den Seitenstellen auszubreiten, so dass dessen Oberfläche eine Ebene bildet. Wird nicht so verfahren, so entstehen nicht nur hohle Räume im Düngerhaufen, sondern derselbe würde auch ungleich austrocknen, was einen ungleichmässigen Fäulnissprocess zur Folge hätte. Auch bilden sich in den Höhlungen Schimmellager, die immer weiter um sich greifend dem Dünger nur schaden und ihn klumpig machen. Die gleichmässige Fäulniss des Düngers wird wesentlich gefördert und Verlusten durch Verflüchtigung vorgebeugt, wenn der Dünger von Zeit zu Zeit festgetreten wird, wie es im Stalle durch das Vieh so wirksam geschieht. Je fester der Dünger aufeinander liegt, desto langsamer, je lockerer desto rascher zersetzt er sich.

Hat man es mit verschiedenem Dünger, z. B. mit Rind- und Schafdünger zu thun, so müssen, um eine gleichmässige Zersetzung

zu bewirken, beide Sorten sehr vollkommen mit einander gemengt werden.

Der Düngerhaufen muss durch die Jauche mit Hilfe der Pumpe mässig feucht erhalten werden. Zu viel Nässe schadet ebenso wie zu bedeutende Trockene. Bei zu viel Nässe wird die Fäulniss gehindert und der Dünger ausgelaugt, das Austrocknen hingegen beschleunigt, vollends bei Wind, die Ammoniakverflüchtigung ungemein. Das Erhalten des richtigen Feuchtigkeitsgrades ist einer der Hauptmomente gehöriger Düngerbehandlung. Durch das Zurückbringen der Jauche auf den Düngerhaufen wird aber auch der Dünger selbst verbessert, weil eben ein guter Dünger alle Bestandtheile der festen und flüssigen thierischen Ausscheidungen enthalten soll.

Die Höhe, bis zu welcher man den Dünger anhäufen kann, hängt von Umständen ab, doch soll sie 1,5 Meter nicht überschreiten. Je höher der Dünger über einander liegt, desto verschiedener sind die Zersetzungsgrade in den einzelnen Lagen. Vor Allem muss man die Verflüchtigung des Ammoniaks zu hindern suchen. Dazu eignet sich am besten das Ueberfahren des Düngers mit sehr humusreicher Erde. Geschieht dies gehörig, so sind chemisch wirkende ammoniakbindende Mittel unnöthig. Muss man aber zu solchen greifen, so ist Gyps, Eisenvitriol, Schwefelsäure u. dergl. zu gebrauchen.

Verwerflich ist die noch immer gebräuchliche Anwendung von gebranntem Kalk, den man dem Düngerhaufen beigibt, um die Verrottung zu beschleunigen, denn Kalk hat die Eigenschaft, schon gebundenes Ammoniak wieder auszutreiben.

Der Fäulnissgrad, bis zu welchem man den Dünger gelangen lassen soll, ist meist durch die Verwendungsart bedingt. Um ihn auf einen gleichmässigen Grad der Zersetzung zu bringen, sind die schon früher erwähnten mehreren Abtheilungen auf der Düngerstätte nöthig, damit nicht frischer auf den schon zersetzten Dünger kommt.

Wird allen den angeführten Bedingungen sorgsam entsprochen, so erhält man eben so guten Dünger wie bei der vorher besprochenen Belassung des Mistes im Stalle, ohne die mit jener verbundenen kostspieligen Einrichtungen treffen zu müssen. Der Stall selber kann dabei vollkommen rein erhalten werden, auch bedarf man weniger Streu.

Wo der Dünger in frischem Zustande unmittelbar auf das Feld geschafft und sogleich untergepflügt wird, verfährt man nach Theorie und Praxis jedenfalls am rationellsten, weil die Fäulniss des Mistes dann erst in der Ackerkrume selbst vor sich geht und kein Bestandtheil des Düngers verloren wird. Doch ist

dieses Verfahren in den wenigsten Fällen durchführbar. Lässt sich der frische Dünger, wie es wohl meistens der Fall ist, nicht sogleich einackern, so muss man ihn, nachdem man eine starke Schichte guter Erde als Unterlage gegeben, auf einer erhöhten, keinesfalls abhängigen Stelle des Feldes, in einen grossen Haufen ansammeln und mit Erde von allen Seiten bedecken. Gegen die Folgen zu starker Vertrocknung während der Sommerzeit wird sich die Mühe zeitweiliger Uebergiessung mit Stalljauche sicher lohnen. Unter keinen Umständen darf frischer Dünger auf dem Felde ausgebreitet oder in kleinen Häufchen ungedeckt liegen bleiben, da deren verhältnissmässig grössere Oberfläche und die sehr lockere Beschaffenheit das Eindringen der Luft ungemein begünstigen, so dass eine viel raschere Zersetzung der organischen Körper erfolgt, und die Zersetzungsproducte bei trockenem Wetter in die Atmosphäre entweichen oder bei regnerischer Witterung vom Regenwasser aufgelöst und in den Boden geführt werden. Bei längerer Dauer dieser Einwirkungen wird das Häufchen vollkommen ausgelaugt und alle die kostbaren Stoffe, die dem ganzen Acker zu Gute kommen sollten, sammeln sich in der, die Unterlage der Haufen bildenden Ackerkrume an und sind die Ursache von Geilstellen.

d. Berechnung der Menge, der Kosten und des Geldwerthes des Stallmistes.

Der denkende Landwirth, der sich über Gewinn und Verlust bei den Jahresergebnissen seiner Wirthschaft Rechenschaft ablegt, muss selbstverständlich die Menge des erzeugten Düngers, dessen Kosten und Geldwerth in Rechnung ziehen, wenn auch so manche Schwierigkeiten sich dabei zeigen.

Die Menge des jährlich hervorgebrachten Düngers steht natürlich immer in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge des verwendeten Futters und Streumaterials. Erwägt man aber die vielen auf Menge und Art fester und flüssiger Ausscheidungen wie der Streuarten Einfluss nehmenden Umstände, so möchte man allerdings an der Möglichkeit genauer Berechnung zweifeln! Doch kann man, ohne viel zu irren, annehmen, dass die Menge des auf den wasserfreien Zustand (die Trockensubstanz) zurückgeführten Futters und der Streu nur verdoppelt zu werden braucht, um in dieser Zahl die Menge des zu erwartenden Düngers von mittlerem Zersetzungsgrade und von etwa 75% Wassergehalt zu finden. Es enthalten 100 Pfund Wiesenheu, Kleeheu, Stroh, Schrott von Ge-

treide oder Hülsenfrüchten, Kleie, Oelkuchen, trockene Blätter durchschnittlich . . . . . 85 Pfd. Trockensubstanz.
Grünfutter (im grünen Zustande verfütterte Pflanzen und Pflanzentheile) . 35 „ „
Rüben . . . . . 16 „ „
Kartoffeln, Bierträber, Presslinge . . 25 „ „
Branntweinschlempe . . . . . 10 „ „

Verwendet man nun in einer Wirthschaft jährlich z. B. nachfolgende Mengen an Futter nebst Streu, so sind darin enthalten:

Jährliche Verwendung von	Pfund	Betrag an Trockensubstanz Pfund
Heu	860	732
Grünfutter	10800	3780
Kartoffelschlempe	8600	860
Futterstroh	1720	1460
Streustroh	1460	1241
Zusammen	23440	8073

Und die 8073 Pfd. Trockensubstanz (multiplicirt mit zwei geben die gesuchte Menge an Dünger mit 16,146 Pfund.*)

Bei Arbeitsthieren, welche viel ausserhalb des Stalles sind, wie Pferde und Ochsen, muss der während der Arbeitszeit entleerte Mist von der Summe des Stalldüngers abgezogen werden, was bei Wirthschaftspferden (also nicht beim Strassenfuhrwerk verwendet) $^1/_3$, bei Zugochsen $^1/_4$ der oben angegebenen Menge beträgt. Beim Weidegang nimmt man nur die Hälfte der Trockensubstanz vom Weidefutter als Düngermenge während der Weidedauer an.

Die Berechnung der Kosten des Stallmistes unterliegt manchen Schwierigkeiten. Sie wird immer zu weit abweichenden Ergebnissen führen, je nachdem man den Dünger entweder nur als Abfall von Thieren, die der Arbeit, des Fleisches, der Milch, der Wolle, der Nachzucht wegen gehalten werden, oder wie das hie und da leider noch vorkommt, als Hauptzweck bei der Viehnutzung betrachtet. Bei der Kostenberechnung kommt der Landwirth einerseits über den Ansatz der Futterpreise in Verlegenheit, indem jene

*) Nach anderen Angaben hat man, um die Menge des resultirenden frischen Stallmistes zu berechnen, die Hälfte der im gesammten Futter enthaltenen Trockensubstanz und die ganze Menge der Trockensubstanz des Streustrohes zu addiren und die Summe dann mit der Zahl 4 zu multipliciren.

Erzeugnisse, welche, wie Heu und Stroh, nur ausnahmsweise Verkaufsgegenstände sein können, dem Vieh niemals zum Marktpreise angerechnet, sondern nur nach einem jährlich schwankenden Erzeugungspreise bemessen werden können; andererseits hängt der Absatzpreis von Erzeugnissen, wie Milch, Schlachtkälber u. dgl., wieder von Localverhältnissen ab. Alles dies wirkt wesentlich auf die Bestimmung der Düngerkosten ein. Möge diese Verhältnisse ein Beispiel aus der Praxis veranschaulichen:

Auf dem Grundbesitze T. im südlichen Böhmen sind die Kostenverhältnisse bei Milchviehhaltung folgende:

Eine Kuh von 7—8 Ctr. Lebensgewicht bedarf täglich 18 Pfd.

Heu, mithin jährlich 65 Ctr. Heu à 1 fl. . . .	65 fl.	— kr.
18 Ctr. Stroh à 40 kr.	7 „	20 „
Pflege	7 „	60 „
Zinsen vom Anlags-Capital einer Kuh à 50 fl. . .	2 „	50 „
Zusammen	82 fl.	30 kr.

Hiervon ab:

Milchnutzen	27 fl. 60 kr.	
1 Kalb	5 „ 70 „	
	33 fl.	30 kr.

Zu T. ergeben sich also die Kosten des Düngers von einer Kuh mit . . . . . 49 fl. —

Nach den früher angegebenen Verhältnissen von Gewicht und Menge des Futters und der Streu zur Düngermenge ist anzunehmen, dass diese Kuh 141 Ctr. Dünger lieferte, so dass sich hier die Kosten für 1 Ctr. Dünger auf 35 kr. stellen. Um wie viel sie dagegen dort sinken, wo die Milch viel besser verwerthbar wird, wie in der Nähe grosser Städte, wenn auch daselbst das Futter theurer ist, zeigen die gleichfalls der Praxis entnommenen Ziffern aus einem Besitze in der nächsten Nähe von Prag:

Eine Kuh von 8—10 Ctr. Lebensgewicht benöthigt täglich

22 Pfd. Heu, mithin jährlich 79 Ctr. à 2 fl.	158 fl.
20 Ctr. Streustroh à 60 kr.	12 „
Pflege	10 „
Zinsen vom Anlags-Capital einer Kuh zu 120 fl. . . .	6 „
Zusammen	186 fl.

Hievon ab:

Milchnutzen	153 fl.
1 Kalb	12 „
Zusammen	165 fl.

Demnach stellen sich bei Prag die Kosten des Stallmistes per Jahr auf etwa 21 fl. und da die Kuh 170 Ctr. Dünger per Jahr

gibt, so kommt der Centner hier auf nur ca. 12 kr. zu stehen, also um $^2/_3$ billiger als im südlichen Böhmen.

Auf nicht geringere Schwierigkeiten stösst man bei Berechnung des Geldwerthes vom Stalldünger. Man kann dabei von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehen. Am natürlichsten und auch in der Praxis am häufigsten angewendet ist die Werthbestimmung des Düngers nach seiner Wirkung auf die Culturpflanzen. Langjährige Erfahrungen und sorgfältig vergleichende Versuche rationeller Landwirthe haben zu der Annahme geführt, dass der Productionswerth von 10 Ctr. Stalldünger (im mittleren Grade seiner Vergährung) dem Werthe von 1 n. ö. Metzen ($61^1/_2$ Liter) Roggen gleichzustellen sei, wobei allerdings auch dem mehr oder weniger erschöpften Zustande des Feldes, so wie den Verhältnissen seiner Mineralbestandtheile Rechnung getragen werden muss. Steht z. B. der Metzen Roggen im Preise zu 3 fl., also $^1/_{10}$ Metzen zu 30 kr., so werden diese 30 kr. dann auch als Geldwerth von 1 Ctr. Stalldünger gelten.

Ein zweiter Weg zur Bestimmung des Geldwerthes des Stallmistes basirt auf der Menge der im Dünger vorhandenen wichtigsten Nährstoffe und deren Handelspreis.

Wären z. B. in 1000 Pfund Stalldünger ca. $1^3/_4$ Pfund Kali, ebenso viel Phosphorsäure, 16 Pfund Kalk und Talkerde, $^3/_4$ Pfd. Schwefelsäure und 4 Pfund Stickstoff enthalten, so würde dem Centner Stalldünger ein Preis von etwa 25 Kreuzern zukommen.

e. Eigenschaften des Stalldüngers und dessen Veränderungen beim Liegen.

Je verschiedenartiger das Material zur Bereitung des Stalldüngers ist, um so verschiedener ist selbstverständlich auch seine Beschaffenheit. Zunächst kommt die Art der Ausscheidungen bei den verschiedenen Thiergattungen in Betracht.

Der Schafdünger ist als der an Nährstoffen reichste anzusehen, er enthält in Folge der geringen Harnabscheidung der Schafe in dem Zustande, wie er meist verwendet wird, etwa nur 64—67% Wasser. Da man ihn in der Regel unter den Schafen liegen lässt, gewinnt er eine compacte, gleichmässige Beschaffenheit und zersetzt sich dann ziemlich rasch. Nicht minder reich an Nährstoffen ist der

Pferdedünger, der auch in seinem übrigen Verhalten mit dem Schafdünger die grösste Aehnlichkeit hat. Er enthält etwa

70% Wasser und zersetzt sich wegen des lockeren Gemenges, das er mit dem Streustroh bildet, unter Entwicklung von sehr viel Wärme und Ammoniak, rasch. Die Anwendung von Ammoniak bindenden Mitteln ist bei ihm besonders angezeigt.

Viel wasserhaltiger (75—76%) und ärmer an Nährstoffen ist der Rindsdünger. Er zersetzt sich unter geringer Erhitzung nur langsam und, bei fehlerhafter Behandlung, ungleichmässig; er bildet dann leicht Klumpen und, besonders bei zu viel Nässe, speckige Massen. Der kräftigste Rindsdünger ist noch der vom Mastvieh.

Der Schweinedünger zeigt in seinen Eigenschaften und Werth grosse Verschiedenheit. Bei uns wird er — nur in Folge schlechten Futters — gewöhnlich als der nährstoffärmste und wasserreichste Dünger angesehen, doch zeichnet er sich immer durch höheren Gehalt an Phosphorsäure vor anderen Düngerarten aus.

Schaf- und Pferdedünger werden in der Regel abgesondert, Rinds- und Schweinedünger aber meist gemengt auf dem Düngerhaufen behandelt und bilden den gemischten Dünger, in welchem die beiden letzteren Düngersorten ihren eigenthümlichen Charakter einbüssen.

Ein weiteres Moment ist die Beschaffenheit der Streu. Wird eine andere Substanz als Stroh zur Streu verwendet, so ändern sich je nach der Natur derselben die Eigenschaften des Düngers physikalisch wie chemisch; und zwar physikalisch insofern, als bei Stroh der lockerste, bei Erdstreu z. B. der compacteste Dünger erzielt wird, chemisch dadurch, dass der Gehalt an Nährstoffen sich verändert und z. B. bei Erdstreu um das zehnfache geringer wird, weil man, um alle festen und flüssigen Entleerungen durch Erdstreu festzuhalten, von dieser etwa das zehnfache an Gewicht dessen bedarf, was an Stroh nöthig wäre. Da Stroh die allgemein übliche und verbreitetste Streu ist, die andern Streuarten aber nur ausnahmsweise zum Gebrauch kommen, so werden wir in Folgendem unter Stallmist immer einen mit Stroh bereiteten verstehen, falls nicht ausdrücklich ein anderes Material genannt ist.

Etwas verschieden sind die Eigenschaften des Stallmistes ferner je nach seiner Ansammlung im Stall oder auf der Miststätte. Wohl ist bei rationeller Behandlung der im Stalle und der auf der Düngerstätte bereitete Dünger im Wesentlichen gleich gut, doch zeigt sich in der Praxis der erstere meist viel compacter und gleichmässiger.

Wichtig ist ferner auch das Verhältniss der Menge von Streu zu jener der Entleerungen, da der Dünger um so

wirksamer werden muss, je mehr er von Entleerungen und um so ärmer bleibt, je weniger er von denselben enthält. Deshalb ist auch der im Stalle bereitete Dünger, wenn man zu wässeriger Fütterung, folglich auch zu Verwendung von sehr viel Streu genöthigt wird, ein geringwerthiger. Auch geht der Stallmist, je weniger er Entleerungen, besonders Harn enthält, um so langsamer in Fäulniss über.

Wesentlich werden die Eigenschaften des Stallmistes durch den Grad seiner Zersetzung bedingt. Bei ungestörter Fäulniss würden vom Dünger endlich nur die mineralischen Stoffe übrig bleiben. Eine so vollständige Zersetzung ist aber nicht Zweck der Düngerbereitung, es soll eben nur ein bestimmter Fäulnissgrad erreicht werden. Man unterscheidet dabei im Wesentlichen vier Hauptstadien, die man nach den landesüblichen Benennungen folgendermassen bezeichnet:

unzersetzt (strohig, frisch, unverfault, roh, unvergohren),
etwas zersetzt (mürbe; angefault),
mittelmässig zersetzt (reif, gahr) und
vollkommen zersetzt (speckig).

Die Verschiedenheiten dieser Zersetzungsstadien beruhen theils auf der äusseren (physikalischen) Beschaffenheit, theils und vorwiegend in der chemischen Zusammensetzung des Stallmistes. Seiner äusseren Beschaffenheit nach bildet der unzersetzte Stalldünger ein mehr oder weniger lockeres Gemenge von Koth und dem noch unzersetzten, aber mit Harn imprägnirten Stroh, er hat dabei einen starken Umfang und enthält noch alle Stoffe der Entleerungen und der Streu in fast unverändertem Zustand. Bei etwas zersetztem Stalldünger ist das Stroh bereits dunkler und fängt an brüchig zu werden, der Dünger wird gleichmässiger und zusammenhängender, hat aber an Gewicht und Umfang schon verloren, weil viel Kohlensäure und Wasser, bei schlechter Behandlung auch Ammoniak, verflüchtigt sind, so dass von den 100 Pfd., die der frische Dünger wog, kaum 80 Pfd. übrigbleiben.

Mittelmässig zersetzter Stalldünger ist bereits in jenes Stadium der Zersetzung eingetreten, die man bei guter Düngerbehandlung überhaupt anstrebt. Dieses Stadium ist im Sommer, wenn der Mist auf der Düngerstätte locker aufeinander lagert, binnen 5—6 Wochen — bei vom Vieh stark zusammen getretenem Stalldünger in 6—8 Wochen — im Winter in 10—12 Wochen erreichbar. Bei Anwendung von Wald- oder Laubstreu dauert es natürlich viel länger. Das Stroh ist dann mürbe und leicht zerreibbar geworden, der Dünger hat eine gleichmässigere, compacte Beschaffenheit und dunklere Farbe angenommen, soll aber nicht

nach Ammoniak riechen. Der Gewichtsverlust beträgt in diesem Stadium 40 Pfd. pr. Centner.

Sehr stark zersetzter (verrotteter) Stalldünger endlich lässt seine Gemengtheile gar nicht mehr unterscheiden, ist schmierig (speckig), zeigt den engsten Zusammenhang, gleichmässige Form und fast schwarze Farbe. Wegen des grossen Verlustes an werthvollen Stoffen erscheint eine so weit getriebene Zersetzung verwerflich.

Ueber die chemischen Veränderungen, welche der Stalldünger beim Liegen unter fortschreitender Zersetzung erleidet, gibt uns eine vergleichende Untersuchung von Völcker das deutlichste Bild. Der betreffende Dünger wurde von Pferden, Rindern und Schweinen gewonnen.

10,000 Pfund Stalldünger enthielten:	in frischem Zustand		in stark zersetztem Stadium	
		hiervon in Wasser löslich		hiervon in Wasser löslich
Wasser	6617	—	7542	—
Organische Stoffe	2824	248	1653	371
Hierin Stickstoff	64 1/3	15	60 1/2	30
Mineralstoffe	559	154	805	147
Hierin: Kali	67 1/2	57 1/3	49	44
„ Kalk und Talkerde	192	7 3/4	276	16 1/2
„ Phosphorsäure	31 1/2	13 1/2	45	17 1/2
„ Schwefelsäure	11 1/2	5 1/2	12	5 3/4
„ Kieselsäure	176 1/2	23 3/4	269	25 1/2
„ Natron, Chlor, Kohlensäure, Thonerde, Eisenoxyd	80	46 1/6	154	37 3/4

Es ergibt sich aus diesen Zahlen:

a) Dass ein gleiches Gewicht verrotteten Düngers mehr Mineralstoffe und Wasser, dagegen weniger organische Stoffe und Stickstoff als der frische Dünger enthält. Die Anhäufung der Mineralstoffe erklärt sich ganz natürlich aus der Abnahme der organischen Substanzen durch Zersetzung in flüchtige Stoffe.

b) Dass die Menge der in Wasser löslichen Stoffe überhaupt, sowie die Menge organischer löslicher Stoffe und löslichen Stickstoffes (Ammoniak, salpetersaure Salze) in verrottetem Dünger bedeutender als in frischem ist. Letzterer enthält nur eine ganz geringe Menge Ammoniak, da der Stickstoff in anderer unlöslicher Form vorhanden ist. Die Zunahme an löslichem Stickstoff und organischen Verbindungen scheint in verrottetem Dünger aber nur

dann einzutreten, wenn die Fäulniss bei etwas gehemmtem Luftzutritt, z. B. in zusammengetretenem grossem Haufen, oder bei grösseren Wassermengen vor sich geht. Demnach ist der in den festen Lagen befindliche Dünger immer der an löslichen organischen Stoffen und Stickstoff reichste.

c) Dass die Gesammtmenge der löslichen mineralischen Stoffe in verrottetem Dünger etwas geringer als in frischem ist. Vergleicht man aber die einzelnen löslichen Mineralstoffe, so zeigt sich, dass von einigen der verrottete Dünger mehr enthält, z. B. von Phosphorsäure, Kieselsäure, Kalk- und Talkerde, dagegen wenig Kali.

Verrottet der Mist in zu trockenem Zustand und in der Luft zu sehr ausgesetzter Lage, so enthält er weniger löslichen Stickstoff und organische Substanzen, wie nachfolgende Analysen von Wolff bei einem unter ungünstigen Verhältnissen aufbewahrten Dünger zeigen.

10,000 Pfund Stalldünger enthielten:	frisch	verrottet
Trockensubstanz im Dünger	2774	2020
Lösliche Stoffe überhaupt	390	252
Lösliche Mineralstoffe	129½	101⅓
Lösliche organische Stoffe	260½	150⅔
Hierin: Stickstoff in löslicher organischer Verbindung	17½	7⅔
„ Stickstoff als flüchtiges Ammoniak .	3	} 1½
„ als gebundenes Ammoniak	1½	
Unlösliche Stoffe überhaupt	2384	1768
„ Mineralstoffe	257½	637½
„ organische Stoffe	2126½	1130
Hierin Stickstoff in unlöslicher Verbindung .	24	33½
Gesammtmenge des Stickstoffes	45¾	42¾
„ der Mineralstoffe	387	738⅔
„ der organischen Stoffe	2387	1281⅓

Diese Zahlen belegen zur Genüge, wie ungemein gross unter Umständen die Verluste an einigen der wichtigsten Nährstoffe (Kali, Stickstoff) sein können, Verluste, durch welche sich der Landwirth die schnellere Wirksamkeit des verrotteten Stalldüngers erkauft.

Absolute Menge der einzelnen Bestandtheile und Verlust bei der Aufbewahrung des Stalldüngers:

Bei dem Versuche betrug die Gesammtmenge des frischen Düngers 14,330 Pfund; diese enthielten:	Bei frischem Dünger	Im verrotteten Dünger	Demnach Verlust	10,000 Pfd. dieses Düngers bei gleichem Wassergehalt enthielten	
				frisch	verrottet
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Wasser	10355	5370	4985	7500	7500
Organische Stoffe	3420	863	2557	2151 1/3	1587
Darin: Stickstoff in organischer Verbindung	(59 1/2	28 1/2	31 1/6	37 1/2	51 1/2)
Stickstoff als Ammoniak	(6 1/2	3/4	5 1/4	3 3/4	1 3/4)
Mineralstoffe	555	497	58	348 2/3	913
	14330	6730	7600	10000	10000
Darin: Kali	85 1/2	38 1/2	47	34 2/3	52
Kalk- und Talkerde	84 2/3	78 1/3	6 1/3	53 1/3	144
Phosphorsäure	20 1/2	18 2/3	1 5/6	12 3/4	33 1/2
Schwefelsäure	11 3/4	6 1/2	5 1/4	7 1/2	12
Kieselsäure	129	126 3/4	2 1/4	81	233
Natron, Eisenoxyd	24 3/4	20 1/2	4 1/4	15 2/3	37 2/3
Sand, Thon	143 2/3	172 2/3		90 1/3	317 1/2

Noch mögen einige Daten über die Beschaffenheit des Mistes der verschiedenen Nutzthiere in bestimmten Fällen folgen:

10000 Pfd. von jeder der 5 Düngerarten enthielten:	I. Schafdünger		II. Pferdedünger	III. Rindsdünger	IV. Schweinedünger	V. Gemischter Dünger
	Gesammtmenge	Hiervon in Wasser löslich				
Wasser	7366	—	6745 1/2	7531 1/3	7287 3/4	7930
Organische Stoffe	1265	270	2924 3/4	1724 2/3	2333	1400
Hierbei Stickstoff	(62 1/2)	15 3/4	(67)	(44 1/2)	(78 1/2)	(40)
Mineralstoffe	1369	266	329 3/4	744	379 1/2	670
	10000	551 3/4	10000	10000	10000	10000
Hierin Kali	44	37 1/2	67 1/2	18	169 3/4	26
Kalk- und Talkerde	223	58 2/3	78 3/4	163 2/3	41 1/3	81 2/3
Phosphorsäure	81	26 1/2	23	18 1/3	20 3/4	20
Schwefelsäure	49	7 1/2	7 3/4	8 1/2	23 1/2	12 2/3
Kieselsäure	839	122 1/3	136 3/4	141 1/3	112 1/3	—
Natron, Chlor, Kohlensäure, Eisenoxyd, Thonerde	133	13 1/2		57		84
Sand, Thon				337 1/6		445 2/3 m. Kieselerde

I. Schafdünger, durch drei Jahre in einem Haufen abgelagert und dabei dem Regen und der Luft ausgesetzt, vollkommen zersetzt (nach Völcker).

II. Pferdedünger (frisch), erhalten aus Futter von Heu und Hafer bei 4 Pfd. täglichem Streustroh (nach Boussingault).

III. Rindsdünger, 4 Wochen alt, gewonnen bei 100 Pfd. Grünkleefütterung und 5 Pfd. Roggenstroh (Rob. Hoffmann).

IV. Schweinedünger, erhalten bei Fütterung mit Kartoffeln bei 1 Pfd. Streustroh (nach Boussingault).

V. Gemischter Dünger, erhalten bei 30 Pferden, 30 Rindern und 16 Schweinen (nach Boussingault).

Je nach Umständen wird sich also die Qualität des Stallmistes sehr ändern, im Allgemeinen aber kann man annehmen, dass sich in 100 Pfd. mittelverrotteten Stalldüngers beiläufig finden:

Wasser	75 Pfd.		
Organische, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthaltende Substanzen thierischen und pflanzlichen Ursprungs . .	15 „		
Darin: Stickstoff		½ Pfd.	Hiervon 5 Pfd. im Wasser lösliche, alle Nährstoffe enthaltende Substanz mit ¼ Pfund Stickstoff, 4/10 Pfd. Kali, 2/10 Phosphorsäure.
Unorganische, alle mineralischen Nährmittel enthaltende Stoffe .	7 „		
Darin: Kali		½ „	
Phosphorsäure		⅓ „	
Werthlose Beimengungen . . .	3 „		
	100 Pfd.		

f. Rationelle Anwendung des Stalldüngers.

Die Wirkung des Stalldüngers ist bedingt durch seinen Gehalt an allen Nährstoffen in einer den Culturpflanzen theils schon zugänglichen theils mehr und mehr zugänglich werdenden Form, sowie durch die physikalischen Einwirkungen auf den Boden. Auf der Vereinigung dieser beiden Wirkungen beruht sein Erfolg. Wegen dieser zwiefachen Vortheile ist es auch schwer, den Stalldünger durch irgend eine andere Dünger-Art zu ersetzen.

Wesentlich für den günstigen Erfolg ist aber die rationelle Anwendung des Stallmistes. Boden, Klima, Pflanzenart verlangen Berücksichtigung und stellen verschiedene Anforderungen an die Beschaffenheit des Stallmistes. Ebenso ist je nach dem Zersetzungsgrade des Stallmistes auch seine Verwendung eine verschiedene.

Mit frischem Stalldünger lässt sich bei seinem grösseren Umfange auch eine um so grössere Fläche Landes düngen. Er wirkt in Folge seiner nur allmählichen Zersetzung zwar sehr langsam, dafür aber um so nachhaltiger. Freilich erschwert er ungemein das Pflügen und Eggen, und seine Bestandtheile vertheilen sich nur höchst ungleichmässig im Boden. Bei anhaltender Trockene zersetzt er sich nicht und bleibt dann ganz wirkungslos. Mittelmässig verrotteter Dünger ist in jeder Hinsicht der alleranwendbarste. Von weit geringerem Umfang, verursacht er weniger Fuhrlohn, lässt sich leichter zerkrümeln und ausbreiten, kostet weniger Mühe beim Unterbringen, vertheilt sich gleichmässiger im Boden und wirkt ohne allzugrosse Schnelligkeit doch ganz entsprechend rasch. Den anderen Gegensatz bildet der sehr stark verweste, daher zu rasch und kräftig wirkende Dünger.

Begreiflich bildet die Entscheidung der Frage über den Zersetzungsgrad des Düngers schon lange und auch noch heute den Gegenstand eifrigen Streitens und schon Davy sagt: „Nicht leicht wird grössere Meinungsverschiedenheit über einen Gegenstand herrschen, als über den Zustand, in welchem der Dünger untergepflügt werden muss.“ Solche Meinungsverschiedenheit ist aber bei derart unbestimmter Fassung der Frage ganz erklärlich, denn so allgemein hingestellt lässt sie sich überhaupt gar nicht beantworten, weil jeder besondere Fall auch eine speciell entsprechende Fragestellung erfordert. Aus Vorstehendem wird der aufmerksame Landwirth sich für seine speciellen Fälle leicht Rath erholen können. Möge er an der Thatsache festhalten, dass die langsamste und nachhaltigste Wirkung ohne bedeutenden Nährstoffverlust von frischem, die schnellste, aber am raschesten vorübergehende und mit bedeutendem Nährstoffverluste verbundene, von sehr stark zersetztem Stalldünger zu gewärtigen ist. Eine Anwendung des Düngers in ganz frischem und in ganz verrottetem Zustande ist meist bedenklich, also auch nicht räthlich und es empfiehlt sich auch hier das Einschlagen der goldnen Mittelstrasse. Mittelmässig zersetzter Dünger wird sich in den meisten Fällen als der anwendbarste und sicherste bewähren.

Ueber das Aufbringen des Stalldüngers und dessen Behandlung auf dem Felde sei etwa Folgendes bemerkt. Der über Winter gewonnene Dünger wird im Februar und März vor der Frühjahrsbestellung, später aber, unmittelbar nach derselben für Hackfrüchte auf das Feld geführt. Der vom März bis Mitte Juli erzeugte Dünger dient für die Winterfrüchte, der von Mitte Juli bis October wird im Spätherbste für Hülsen- und Sommerölfrüchte verwendet. Soll der Roggen einfurchig und spät bestellt

werden, so kann man auch dazu den Sommer- und Herbstdünger noch verwenden.

Der auf das Feld geführte Dünger ist vom Wagen ab in abgesonderten kleinen Haufen von gleicher Grösse (zu $^1/_2$—$^3/_4$ Ctr.) derartig über den Acker zu vertheilen, dass diese Haufen in gleich weiten Abständen von einander zu liegen kommen. Sobald dies beendet, müssen die Düngerhaufen sorgfältig über das ganze Feld ausgebreitet werden.

Lässt sich das Ausbreiten nicht allsogleich vornehmen, so bringe man den Dünger statt in viele kleine Haufen in wenig grössere und bedecke diese grossen Haufen sorgfältig mit Erde.

Leider wird dieses einfache Verfahren nicht immer eingehalten. Nur zu häufig sieht man die kleinen Düngerhaufen nicht nur über den Winter, sondern sogar noch während der wärmeren und trockeneren Frühlingstage unausgebreitet liegen. Oft sind sogar im zeitlichen Frühjahre, wenn man den Dünger breiten will, die Haufen noch durchgefroren, und eine frühzeitige Ackerung des Feldes wie gleichmässige Vertheilung des Düngers desshalb unmöglich. Wie oft findet man auf solchem Ackerlande noch nach Jahren unzersetzte Düngerklumpen liegen.

So einig man auch über die Nothwendigkeit des sofortigen und sorgfältigen Breitens des Stalldüngers ist, so wenig ist man es über die Beantwortung der Frage: „ob der gebreitete Dünger alsogleich eingeackert werden muss, oder ob er ohne Nachtheil durch längere Zeit uneingeackert liegen bleiben kann.“ Auch hier wird der specielle Fall ins Auge zu fassen sein. Je nach den Umständen dürfte das eine oder das andere sich besser empfehlen.

Unsere Aufgabe hiebei ist, zuerst den wissenschaftlichen Gesichtspunkt dieser Frage festzustellen. Die Zersetzung des Stalldüngers unter Bildung der gleichen Producte geht sowohl innerwie ausserhalb des Bodens vor sich. Bei feuchtem Wetter erfolgt in dem obenaufliegenden Dünger eine normale, rasche Zersetzung, es werden hinlänglich lösliche Stoffe frei, die durch den Regen dem Boden zugeführt werden. Allerdings verflüchtigt sich dabei ein Theil des Ammoniaks und zwar um so mehr, je zersetzter der Stalldünger auf das Feld gebracht wurde; dieser Ammoniakverlust ist jedoch nicht so bedeutend, da die löslichen Ammoniakverbindungen mit den übrigen löslichen Stoffen in den Boden geführt werden. Die Sorge beträchtlichen Ammoniakverlustes ist also hier weniger begründet, als bei schlechter Behandlung des Düngerhaufens. Einen weit ungünstigeren Verlauf nimmt jedoch die Zersetzung des obenaufliegenden Stalldüngers bei trockenem, warmem Wetter. Abgesehen davon, dass die Zersetzung langsam vor

sich geht und nur wenige Stoffe löslich gemacht werden, verflüchtigt sich viel Ammoniak. Solcher stark ausgetrocknete Stalldünger zersetzt sich, in den Boden gelangt, nur äusserst langsam.

Für die Praxis ergeben sich hieraus die wohl zu beachtenden Regeln:

a) Das längere Liegenlassen des gebreiteten Stalldüngers auf dem Acker ist nur bei feuchtem und kühlem Wetter zulässig.

b) Um der Verflüchtigung des Ammoniaks beim Obenaufliegenlassen vorzubeugen, lasse man den Dünger nicht zu sehr verrotten und ackere ihn bei anhaltender Trockene ein. Auch hiebei können die fleissigen Belgier als Muster dienen; sie bringen den Dünger gleich in jede aufgepflügte Beetfurche, lassen mithin den Düngerkarren dem Pfluge unmittelbar nachfolgen. Ferner

c) lasse man, wenn möglich, den Dünger von der Pflanze, mit welcher das Feld bestellt ist, durchwachsen, wodurch die sich etwa verflüchtigenden Stoffe von der jungen Pflanze aufgenommen werden und auch der Dünger vor Sonne und Wind besser geschützt wird. In manchen Fällen wird sich auch das Gypsen des Düngers empfehlen.

d) Einen Verlust an löslichen Stoffen, welcher am nachtheiligsten wäre, hat man nur bei sehr abhängigen Feldern zu befürchten, wo die Erde sammt dem Dünger durch Regengüsse oder im Frühjahre durch plötzlich gethauten Schnee weggeschwemmt werden kann. In Berücksichtigung dieser Umstände ist

e) das Obenaufliegenlassen des Stalldüngers dann anzuwenden, wenn man überhaupt einer schnellen Wirkung bedarf. Ferner um schwache Wintersaaten durch Ueberdüngung rasch zu kräftigen, in welchem Falle aber der Dünger gleichförmig und dünn über die Saat gebreitet werden muss. Soll hingegen der Stalldünger langsam wirken und erst einer zweiten Pflanze meist zu gute kommen, so hat man ihn unterzupflügen.

f) Unter steter Beobachtung der obwaltenden Verhältnisse wäre demnach bei schwacher und öfterer Düngung ein längeres Liegenlassen des gebreiteten Düngers, bei starker und seltener Düngung hingegen ein allsogleiches Einackern anzuempfehlen, welches letztere auch da vortheilhaft wäre, wo es sich darum handelt, bindigen Boden aufzulockern.

g) Am besten ist der Erfolg des Liegenlassens des Düngers, wenn derselbe noch unzersetzt und nicht zu langstrohig, dabei gut gebreitet ist, über Winter, da eine solche schwache Düngerdecke die Saaten auch vor dem Auswintern schützt.

Hat nun auch das Obenaufliegen des Düngers bei feuchter Witterung oder im Herbste vor Beginn des Schneefalles und unter

andern ähnlichen Verhältnissen manche ganz unbestreitbare Vortheile, so soll doch der Landwirth in der Regel den Stallmist sogleich unterbringen und ihn nur ausnahmsweise uneingeackert auf dem Felde liegen lassen.

Mag nun der Stalldünger sogleich oder erst nach einiger Zeit eingeackert werden, so darf dies niemals auf scholligem, sondern soll immer auf mit der Egge geebnetem Boden geschehen. Die Unterbringung mittelst der Düngerfurche darf nicht zu tief sein, damit der Dünger weder zu sehr von den atmosphärischen Einflüssen abgeschlossen wird, noch auch unterhalb des Bereiches der Wurzeln zu liegen kommt. Er muss demnach bei allen Pflanzen mit tiefgehenden Wurzeln etwas tiefer, bei Getreide, sowie bei schweren Bodenarten seichter untergebracht werden. Das Unterbringen darf nicht bei zu starker Feuchtigkeit des Düngers oder gar des Bodens geschehen und bei sehr strohiger Beschaffenheit muss der Dünger in die offene Furche hinter dem Pfluge eingeharkt werden, so dass jedes Düngertheilchen mit Erde vollkommen bedeckt ist und letztere angedrückt bleibt, zu welchem Zweck man bei leichten Bodenarten noch überwalzt.

Wie viele Ackerungen nach dem Unterbringen des Düngers noch stattzufinden haben, hängt von dem mehr oder weniger unkrautfreien Zustande des Bodens, von der Zeit der Düngeraufbringung — ob kürzer oder länger vor der Saatbestellung — endlich von den Anforderungen der Culturpflanzen an rasche oder langsame Wirksamkeit des Düngers ab. Als eine zu beachtende Regel diene, dass der Dünger niemals durch die Saatackerung an die Oberfläche emporgebracht werden darf.

Eine besondere Art des Düngens, das „Reihen-“ oder „Loch“düngen, pflegt man bei solchen Culturen einzuhalten, von denen man gleich im ersten Jahre einen möglichst grossen Ertrag erzielen will. Es wird bei der Drillcultur, besonders beim Hackfruchtbau angewendet. Man bringt den Dünger in die Saatfurche oder in die zum Bepflanzen bestimmten Kämme oder wie bei dem Lochdüngen in die dazu vorbereitete Grube. Bei dieser Art Düngung bedarf man kaum den dritten Theil der gewöhnlichen Menge und sie gewährt daher die Vortheile, mit viel weniger Dünger eine grosse Fläche versehen und denselben den Pflanzen möglichst nahe bringen zu können.

Mitunter bringt der Landwirth den Stalldünger in einzelnen Partien auf die schon hervorgewachsene Saat als Nachdüngung, um im Frühjahre eine schnelle Wirkung zu erzielen. In solchem Falle ist nur ein stark verrotteter, bei Wintersaaten im Spätherbste hingegen ein nur wenig zersetzter, langsam wirkender Dünger an-

zuwenden. Auch beim Ueberdüngen hat man die beim Liegenlassen gebreiteten Stalldüngers empfohlene Vorsicht zu beachten. Eine Nachdüngung zeigt sich besonders wirksam bei Erbsen, Wicken und während des Winters auf schwächlichen Weizensaaten. Besondere Rücksichten erfordert die Beschaffenheit des Bodens, da von ihr die Wirkung des Düngers sehr wesentlich beeinflusst wird. Als allgemeine Regeln sind hiebei zu beachten:

a) mittelmässig zersetzter Dünger ist ziemlich für alle Bodenarten anwendbar;

b) wenig verrotteter Stalldünger eignet sich vorzüglich für schwere und kalte Bodenarten, um diese aufzulockern;

c) stark zersetzter Dünger passt nur für leichten Boden.

d) Mit Erdstreu gewonnener Stalldünger ist nur für lockere,

e) bei Sandstreu erzeugter Dünger hingegen für bindige Bodenarten anzuwenden.

f) Schwere kalte Bodenarten müssen im Frühjahr oder Sommer gedüngt werden, damit der sich zersetzende Dünger den Boden auflockere;

g) bei leichtem und Sandboden hingegen ist es am zuträglichsten, unmittelbar vor der Saat zu düngen.

Weitere Rücksichtnahme bei Anwendung des Stalldüngers erfordert die Gattung der zu bauenden Pflanze. Hier gelten die Regeln:

a) alle Culturpflanzen von kurzer Vegetationsdauer, wie Hanf, Tabak, Lein, Gartengewächse und Sommergetreide, müssen der schnelleren Wirkung wegen stark verrotteten Dünger erhalten.

b) Wintergetreide und alle anderen Culturpflanzen, welche durch längere Zeit im Boden bleiben, sollen durch mittelmässig verrotteten Dünger genährt werden.

c) Nicht alle Culturpflanzen ertragen die unmittelbare Düngung mit Stallmist, manche gedeihen besser als zweite Frucht, nach der Düngung, so die Getreidearten, Zuckerrüben, Samenerbsen.

d) Für Wiesen, Futterpflanzen und Kartoffeln ist eine im Winter gegebene Düngung sehr zuträglich; hingegen sagt dem Wintergetreide, dem Lein, den Hülsenfrüchten eine Herbstdüngung, und den Rüben, dem Mais und dem Hopfen eine Frühjahrsdüngung am besten zu.

Endlich darf auch das Klima und die Witterung bei der Düngerverwendung nicht ausser Acht gelassen werden. Bei sehr heissem, trockenem Wetter ist der noch ganz frische Stalldünger fast wirkungslos, ja sogar auf Wiesen entschieden

schädlich, wenn die Düngerschollen nicht zuvor vollkommen zerkrümelt wurden, indem durch deren dunkle Farbe sich der Boden noch mehr erwärmt, folglich seine Feuchtigkeit und sein Wasser nur schneller verliert. Bei sehr trockenem Wetter ist demnach möglichst verrotteter Dünger auf das Feld zu fahren, allsogleich zu breiten und unterzubringen.

Was schliesslich die Menge des anzuwendenden Stallmistes betrifft, so rechnet man im Allgemeinen per Hectar:

als schwache (halbe) Düngung . . .	16000—23000 Kilogr.
als mittelmässige (gute) Düngung . .	29000—35000 „
als sehr starke Düngung	44000—52000 „

Auch hiebei haben die Umstände zu bestimmen, ob man z. B. 1 Hectar mit 30000 Kilo Dünger jedes dritte Jahr, oder alljährlich mit 10000 Kilogr. zu düngen habe. Letzteres verdient auf leichten und sandigen Feldern, wo sich der Dünger früher zersetzt — ersteres auf schwerem Boden im Allgemeinen den Vorzug. Die Fuhre à 500 Kilo berechnet, entfallen sonach je 30, 50 bis 90 Fuhren Dünger per Hectar, wobei man bei einer sehr guten Düngung annehmen kann, dass wohlzerkrümelter Dünger für die ganze Fläche genügend ausreiche und gleichmässig vertheilt, 2 Centim. hoch zu liegen kommt.

Jene Mengen ändern sich jedoch nach den schon früher erwähnten, in der Bewirthschaftung Einfluss nehmenden Umständen. Vorzüglich zu beachten bleibt:

a) Je reicher in Folge kräftiger Fütterung der Stalldünger an Pflanzennährstoffen, desto kräftiger wird er bei guter Behandlung wirken, und um so weniger wird man brauchen. Demnach wird vom Schaf- und Pferdedünger weniger, von Rindsdünger am meisten verwendet werden müssen, wenn auch die Nachwirkung bei letzterem eine längerdauernde ist.

b) Die tiefe Pflugfurche verlangt stärkere Düngung, als die seichte, weil sich bei ersterer der Dünger auf eine grössere Erdmasse vertheilt.

c) Die dem Boden besonders viel Nährstoffe entziehenden Culturpflanzen verlangen eine beträchtlich stärkere Düngung, so z. B. Oel- und Gespinnstpflanzen, dann Hackfrüchte; eine weniger starke Düngung bedürfen hingegen die Getreidearten.

d) Auch nach der Fruchtfolge hat sich die Stärke der Düngung zu richten; so ist z. B. sobald stark erschöpfende Pflanzen oft hinter einander gebaut werden, eine stärkere Düngung erforderlich.

e) Ebenso je nach dem Zeitraume, in welchem eine Düngung

der andern zu folgen hat, denn es ist keinesfalls gleichgiltig, ob man eine Düngung von 30000 Kilo per Hectar nur alle 5 oder 3 Jahre zu wiederholen hat.

f) Die Nothwendigkeit der Nachdüngung über die gekeimte Saat ergibt sich dann, wenn eine Frucht wegen Düngermangel in ein bereits durch die Vorfrucht entkräftetes Feld gebaut werden musste. Die Nachdüngung muss dann in jener für die gebaute Frucht erforderlichen Stärke gegeben werden, jedoch niemals zu stark; letzteres ist besonders für Frühjahrsaat bei Anwendung stark zersetzten Düngers zu beachten.

Aus allem bisher über die Anwendung des Stalldüngers nach Wissenschaft und Erfahrung Dargelegten erhellt aber überzeugend, wie schwer, ja unmöglich es ist, hierüber allgemeine, d. h. für jedes specielle Vorkommniss giltige Regeln aufzustellen. Dem ungeachtet können die gegebenen Anhaltspunkte und die überall treulich hervorgehobenen wissenschaftlichen Grundsätze jeden aufmerksamen Landwirth in den Stand setzen, für seine besonderen Fälle das Richtige ausfindig zu machen.

2. Der Pferchdünger (Hordendünger).

Unter Pferchdünger versteht man die unmittelbaren Entleerungen der zu Düngungszwecken gewöhnlich nur während der Nachtzeit auf dem zu pferchenden Felde im umzäunten Raume (Horde, Koppel) bleibenden Thiere. Diese Art zu düngen kann in unserem Klima nur in der Zeit zwischen der zweiten Hälfte April und Mitte October, also etwa während sechs Monaten geschehen und auch dann nur bei entsprechender Witterung. Niemals dürfen die Thiere bei anhaltend nassem oder stürmischem Wetter oder auf einem stark durchnässten Feld eingehürdet werden. Am häufigsten ist das Pferchen mit Schafen; aber auch dann ist es ausschliesslich auf entlegeneren Feldern und selbst da nur selten noch in Anwendung.

Der Pferchdünger ist, weil er nur aus reinen Entleerungen der Thiere besteht, kräftiger als der Stalldünger, rasch, aber wenig nachhaltig wirkend. Nur bei sehr starker Pferchung wird sich die Wirksamkeit länger als auf ein Jahr erstrecken. Für Früchte, welche eine Lagerung befürchten lassen, wie Getreidearten, ist sie nicht anzuwenden und nur vor der Saat, seltener und nur mit Vorsicht auf die Saat rathsam.

Am vorzüglichsten wirkt der Pferch bei feuchter Witterung. Immer muss das zu pferchende Feld vorher gut und sorgfältig

bearbeitet sein. Das Gypsen des Hordendüngers vor seiner Einackerung ist anzuempfehlen; auch lässt man der Reinlichkeit halber die Hordenplätze mit Streustroh versehen. — Bei Anwendung des Pferchdüngers zu Sommersaaten, wie Lein, Hanf u. dgl. ist möglichst baldiges Unterpflügen besonders anzurathen.

Als eine starke Pferchdüngung mit Schafen gilt, wenn während einer ganzen Nacht per Stück der Raum von 1 □Meter entfällt; als eine schwache, wenn der Raum auf $1\frac{1}{2}$—2 □Meter erweitert wird.

3. Die menschlichen Entleerungen (Excremente, Excrete) und der aus denselben bereitete Dünger (Poudrette, Urate).

a. Zusammensetzung und Werth.

Die festen Excremente der Menschen bestehen aus unverdauten Nahrungsstoffen, Gallenbestandtheilen und mancherlei aus dem Blute ausgeschiedenen Substanzen; der Harn (Urin) hingegen aus den durch die Nieren abgesonderten flüssigen, von dem Zerfall der Gewebe herrührenden Stoffen.

Ueber den Gehalt der Excremente an Pflanzennährstoffen sowie über die Menge der Excrete gibt folgende Uebersicht Aufschluss:

	Es enthalten 1000 Pfd.		Zusammen in 1000 Pfd.	der Mensch liefert jährlich		Zusammen in 850 Pfd.	1000 Eimer (56590 Lit.) gemischter Entleerungen enthalten	1000 C/ (31580 Kubikdecimeter) gemischter Entleerungen enthalten
	Excremente	Harn		Excremente	Harn			
				österr. Pfund à 560 Grm.				
Wasser	750	960	$930\frac{1}{2}$	90	701	791	88406	48390
Feste Stoffe	250	40	$69\frac{1}{2}$	30	29	59	6594	3610
Mit organ. Stoffen	230	28	$56\frac{6}{10}$	28	20	48	5365	2936
Darin Stickstoff	6	10	$9\frac{1}{3}$	1	7	8	894	489
Mineralstoffe	20	12	$12\frac{9}{10}$	2	9	11	1229	647
Mit Alkalien	3	2	2	$\frac{1}{3}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{6}$	205	112
Mit Kalk- und Talkerde	$5\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{7}{10}$	78	42
Phosphorsäure	6	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{7}{10}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	251	138
Tägliche Menge in Pfund	$\frac{1}{2}$	2	—	—	—	—	—	—
Jährliche Menge in Pfund	120	730	—	—	—	—	—	—

Man kann das Gewicht von einem Kubikfuss (32 Kubikdecim.) Harn zu 58 Pfund (32480 Grm.), jenes von einem Kubikfuss fester

Excrete zu 40 Pfund (22400 Grm.), und das Gewicht gemischter, theils fester, theils flüssiger Excrete, wie sie gewöhnlich vorkommen, zu 52 Pfund (29120 Grm.), demnach das eines Eimers (56,6 Liter) gemischter Excrete zu 95 Pfund (53200 Grm.) schätzen. Sonach würde jeder Mensch jährlich etwa 16 Kubikfuss (505 Kubikdecim.) oder ca. 9 Eimer entleeren.

Dass bei dem Menschen die Menge und der Gehalt an Stoffen in den Excreten durch das Alter, den Gesundheitszustand, die Lebensweise, ganz vorzüglich aber durch die Art der Nahrung bedingt wird, ist selbstverständlich. Die Excrete reichlich und kräftig Genährter müssen demnach für den Landwirth viel werthvoller sein, als jene von den sich nur nothdürftig ernährenden Classen. Vielfache Erfahrungen in der Praxis haben diesen Unterschied auch dargethan.

Sehr ungünstig ist für die Verwerthung des Harnes dessen bedeutender Wassergehalt, der an sich etwa 96% beträgt und durch ungünstige Einwirkungen bis zu 99% sich steigern kann.

Laut vorstehender Tabelle enthält unter gewöhnlichen Verhältnissen der Harn in 100 Pfund nur etwa 4 Pfund feste Stoffe; bei grossem Wasser-, Bier- oder Weingenuss sinkt die Menge der festen Stoffe auf 2, ja auf 1 Pfund und darunter herab. Aehnliche Mengen enthält auch der in den Pissoirs der Städte sich ansammelnde Harn. Nach den von Grouven zu Köln unternommenen Versuchen enthielt der Harn der städtischen Pissoirs in 1000 Pfund durchschnittlich:

Wasser	970 Pfd.
Feste Stoffe	30 „
Darin Stickstoff	4 „
„ Phosphorsäure . .	1 „
„ Kali	1½ Pfd.

Der Werth der menschlichen Entleerungen kann also zwar ziemlich differiren, ist aber doch in Folge ihres Gehaltes an den wichtigsten Nährstoffen ein sehr bedeutender und repräsentirt ungeheure Geldsummen, wenn man die Menge der nützlichen Bestandtheile veranschlagt, welche der Landwirthschaft bei richtiger Behandlung der Excrete gewonnen werden können. Legt man die durchschnittlichen Preise der wichtigsten Nährstoffe zu Grunde, so ist ein Eimer gemischter Excrete etwa 50 Kreuzer, ein Kubikfuss 27 kr. werth. Ein Mensch liefert jährlich ein Quantum Excrete, das einen Werth von 4¾ Gulden repräsentirt.

In den durch beharrlichen Fleiss so fruchtbar gewordenen Ländereien Belgiens, wo die menschlichen Excrete schon längst zur Düngung in allgemeiner Anwendung sind, wird der Eimer noch

mit 24 kr. bezahlt, wonach dort der Werth der Excrete eines Menschen per Jahr auf 2 Gulden zu schätzen wäre. Zur Erzielung einer Roggenernte von etwa 30 Metzen (1845 Liter) = 2250 Pfd. Roggen verwendet man in Flandern etwa 260 Kubikfuss Entleerungen. Da nun 1½ Pfd. Roggen 2 Pfd. Brot geben, so müssen, wenn man den theoretisch festgestellten Geldbetrag zur Basis nimmt, die Gesammtentleerungen volkreicher Städte, wie

	einen theoretischen Werth haben von	einen praktischen Werth von*)	können Roggen produciren	die einen Werth haben**)	woraus Brod erzeugt werden könnte	mit dem Menschen jährlich ernährt werden könnten***)
	fl.	fl.	Metzen (61½ Lit.)	fl.	Pfd.	
London .	13,900,000	6,000,000	5,530,000	27,650,000	553,100,000	438,888
Paris . .	8,460,000	3,650,000	3,369,000	16,845,000	336,900,000	267,380
Berlin .	3,730,000	1,264,000	1,160,000	5,800,000	116,000,000	92,000
Wien . .	2,680,000	1,156,000	1,064,000	5,320,000	106,400,000	84,440

Wie aber leider noch heute der grösste Theil der Gülle aus Ställen und Höfen unbenützt abfliesst, ebenso unbenützt bleiben auch in den meisten grossen Städten die menschlichen Entleerungen und mit ihnen gehen viele Millionen an Geldeswerth verloren. Bemerkenswerth ist, dass gerade in den am stärksten bevölkerten Ländern der Erde, nämlich in Belgien, China, Japan, der Werth und die Wirkung der menschlichen Excrete allgemein erkannt und benützt wird. Der chinesische Landmann, der des Morgens seine Bodenproducte nach der Stadt gebracht, trägt dagegen zwei Kübel jenes Düngermaterials an einer Bambusstange heim und verwendet zu Hause eine Sorgfalt auf die Sammlung und Behandlung desselben, die Vielen zwar unbegreiflich sein mag, doch nichts desto weniger das in Europa fast überall noch herrschende Vorurtheil dagegen als thörichten Wahn erscheinen lässt.

In Japan, einem Lande von hoher Cultur, das aber weder Wiesen noch Futterbau, weder Stallmist noch Zufuhr von Guano,

*) In Flandern zahlt man für die Entleerungen eines Menschen per Jahr etwa 2 fl., in Mannheim 1 fl. 50 kr., Koblenz 1 fl. 70 kr. Ferner zahlt der Landwirth per Kubikfuss in Grenoble 12 kr., in Antwerpen 5—12 kr., Dresden 5—7 kr., Luxemburg 6—7 kr. u. s. w.

**) Rechnet man einen Metzen Roggen zu 5 fl. ö. W.

***) Wenn ein Mensch 3½ Pfd. Brod täglich zu seiner Ernährung bedarf.

noch Fabrication von Knochenmehl oder anderer Düngemittel kennt, ist der Mensch der einzige Düngererzeuger.

Es bedarf wohl keiner weiteren Argumente, um den Werth menschlicher Entleerungen in seiner vollsten Bedeutung erscheinen zu lassen; aber auch der allgemeine Stoffwechsel im Haushalte der Natur belehrt und mahnt uns, die Fruchtbarerhaltung der Felder keineswegs allein auf die Entleerungen der Wirthschaftsthiere zu basiren, sondern den menschlichen Excreten die erste Stelle einzuräumen, um so mehr, als die Menschen die gewaltigsten Consumenten landwirthschaftlicher Producte sind und dem zu Folge die nach Quantum und Quale werthvollsten Abfälle liefern. Es wäre mehr als leichtsinnig, wollten unsere Landwirthe, noch länger an dem alten Vorurtheile hängend, ihre Augen vor dieser Ersatzquelle verschliessen zu einer Zeit, wo der Mangel an Stalldünger bereits eine so bedrohliche Aussicht in die nächste Zukunft eröffnet!

b. Ansammlung, Behandlung und Verwerthung der menschlichen Excrete.

Wiewohl also die Sammlung und Behandlung menschlicher Excrete nirgends unterbleiben soll, so erscheint sie doch besonders in volkreichen Städten geboten, unterliegt aber gerade da den allergrössten Schwierigkeiten, die in der Art der Ansammlung und Fortschaffung der Entleerungen und ihrer Verarbeitung auf festen Dünger zu suchen sind. Man ist über die in dieser Beziehung in Anwendung kommenden Mittel noch immer nicht einig, wie es die so verschiedenen Anlagen dieser Art, bei welchen man bald den sanitären bald den landwirthschaftlichen Theil der Kloakenfrage besonders berücksichtigt, in den grössten Städten zeigen. Die vollständige Lösung der combinirten Kloakenfrage unterliegt ungeheuren Schwierigkeiten. Während es zu den ersten Pflichten der öffentlichen Gesundheitspflege gehört, die Menschen vor den Einflüssen ihrer eigenen Ausscheidungen zu schützen, ist es ebenso Pflicht des Landwirthes, diese Ausscheidungen als Dünger zu benützen.

Die Ansammlung und Behandlung der Excrete zu Düngungszwecken kann mehrfacher Art sein. Auf dem Lande, wo dies am ehesten thunlich, empfiehlt es sich, den Abortschlauch unmittelbar in die Jauchengrube oder in den Canal der Düngerstätte zu leiten, um so die Excrete sammt der Jauche mittelst der Jauchenpumpe auf den Düngerhaufen bringen zu können.

In den Städten ist die Sache nicht so einfach und je nach

den Umständen und Verhältnissen wird bald dies bald jenes Fortschaffungs- und Behandlungssystem in Anwendung kommen müssen. Zunächst hat man zwei Arten der Entfernung der Excrete aus den bewohnten Rayons zu berücksichtigen, das ist die Abfuhr und die Spülung oder Canalisation.

1. Die Abfuhr bietet manche Vorzüge, weil sie die Excrete in unvermischtem und unverdünntem Zustand, sei es direct als Düngungsmaterial, sei es, um vorher ein Düngerpräparat herzustellen, zu verwenden gestattet. Zum Auffangen und Transport dienen entweder offene Kübel oder möglichst luftdicht geschlossene Gefässe. Letztere verdienen unbedingt den Vorzug. In Heidelberg hat man das sehr empfehlenswerthe und überall leicht durchführbare Tonnensystem von Eduard Lipowsky acceptirt, welches wegen seiner Zweckmässigkeit hier kurz erörtert sei.

Die Tonnen sind von Eisen hergestellt und werden durch Einschaltung eines Syphons vor der freien Luftcommunication mit dem Abfallrohr geschlossen. Die Tonnen *a*, *b* (Fig. A.) sind aus starkem Eisenblech gefertigt, gut vernietet, von der Gestalt eines stehenden Cylinders. Seitlich sind ungefähr in halber Höhe Handhaben angebracht, unter welche auch Behufs leichteren Transportes Stangen gesteckt werden können. Die Höhe der Tonne ist 80 Ctm., ihr Durchmesser 46 Ctm., sie hält daher etwas über einen Hektoliter Flüssigkeit und wiegt selber etwa 50 Kilogr. Die obere Oeffnung der Tonne ist noch von einem zweiten gusseisernen Ringe umschlossen, so dass dazwischen eine Rinne von etwa 2 Ctm. Tiefe bleibt. Diese Rinne wird beim Wechseln der Tonne mit einer Hand voll Asche theilweise angefüllt, auf welche Weise ein befriedigender Abschluss der Tonne an das Abtrittsrohr, welches unten mit einem verschiebbaren Röhrenstück *s* versehen ist, bewirkt werden kann. Der Abschluss beim Transport wird durch einen gedrechselten Holzdeckel erreicht, der seinerseits eine Rinne besitzt und durch Bügel und Schraube an den vorspringenden Eisenkranz angepresst wird, so dass den Forderungen nach Geruchlosigkeit vollständig entsprochen ist.

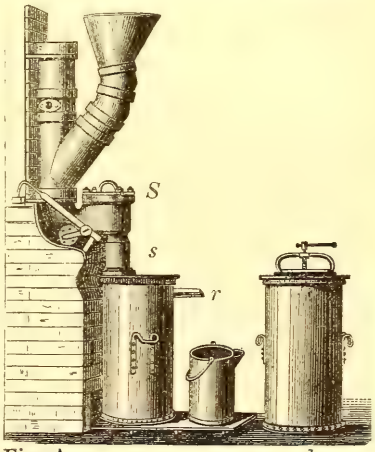


Fig. A.

Seitlich besitzt die Tonne eine kleine Oeffnung, an welche ein $1^1/_2$ Ctm. starkes Röhrchen *r* angeschraubt werden kann. Dieses dient zum Entweichen der Luft, während die Tonne sich langsam füllt. Damit keine üblen Gase entweichen, wird es durch plastische Kohle ausgefüllt. Dieses seitliche Rohr dient aber auch als eine Art Sicherheitsventil, wenn ja einmal eine Tonne überfüllt werden sollte. Man stellt für diesen Fall einen Eimer *c* unter oder aber man kuppelt mittelst der Röhre eine Tonne mit einer zweiten. Der sehr stark-

wandige Syphon *S* ist mit einer Vorrichtung versehen, damit er, falls eine Verstopfung eintreten sollte, geöffnet werden kann. Diese Vorrichtung besteht aus einem Deckel mit Gummiverdichtung, der fest aufgeschraubt ist. Eine solche Tonne dient für ein ganzes Haus mit etwa 15 Einwohnern. Für Schulen oder Kasernen verwendet man fahrbare Kästen (Fig. B.) oder grössere fahrbare Tonnen (Fig. C.).

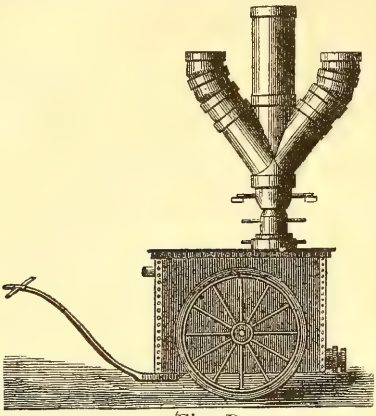


Fig. B.

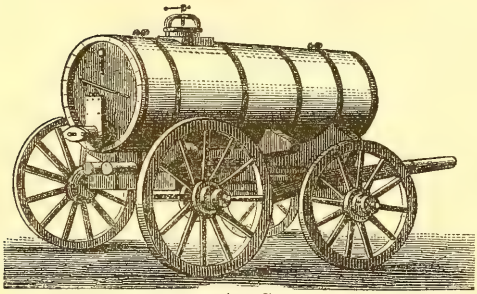


Fig. C.

Ein anderes bewährtes Abfuhrsystem ist das Liernur'sche. Es besteht darin, dass aus den Kloakengruben die Fäcalien durch den äusseren Luftdruck in eine fahrbare Tonne, aus der durch eine Luftpumpe die Luft ausgepumpt wurde, gedrückt werden. Gintl, welcher in den Jahren 1870 und 1871 wiederholt den Kloakeninhalt der Prager Casernen, in welchen zuerst das Liernur'sche System in Anwendung kam, analysirte, fand in dem Stickstoffgehalt Schwankungen zwischen 0,6—0,8 Proc.; im Phosphorsäuregehalt zwischen 0,2 und 0,3 Proc.; im Kaligehalt zwischen 0,1 und 0,2 Proc.; und im Natrongehalt zwischen 0,3 und 0,5 Proc. und als Mittelwerth

für Wasser . . .	92,5%	für Phosphorsäure	0,270%
„ Stickstoff . .	0,771%	„ Kali . . .	0,144%
„ Gesammtasche	1,624%	„ Natron . .	0,396%

Uebrigens sei im Interesse des Landwirthes darauf hingewiesen, dass er nur dann für die Entleerungen dem Städter etwas zahlen kann, wenn sie rein sind, d. h. keine fremden Stoffe enthalten (Spülwasser, Regenwasser, Sand u. s. w.). Durch fremde Beimengungen können sie derart entwerthet werden, dass sie nicht einmal die Abfuhr lohnen. In Belgien und Frankreich bedient man

sich desshalb auch der Senkwage (nach Beaumé) beim Ankauf der Unrathstoffe. Girardin untersuchte in Lille 3 verschiedene Sorten von Kloakeninhalt, die die Entwerthung durch Beimengungen deutlich illustriren.

Es enthielten die Proben (aus je einem Liter bestehend und sorgfältig vorher umgerührt)	I. Unverfälscht aus einem Privathause	II. Zusatz von etwa 10—15% wie es in den Bürgerhäusern üblich ist	III. Aus dem Depotoir eines Düngerhändlers mit starkem Wasserzusatz
Wasser	980,37	998,63	996,452
Organische Stoffe	26,59	5,27	0,514
Ammoniak	7,63	5,69	2,090
Kali	2,14	1,53	0,159
Phosphorsäure	3,33	1,01	0,271
Salpetersäure, Chlor, Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff, Thonerde, Kalk, Bittererde, Natron	5,77	4,65	7,487
Kieselerde, Eisenoxyd . . .	5,07	0,62	0,027
Grade nach Beaumé . .	5	$2^1/_2$	1

Zum Schutze vor den durch die Zersetzung der Fäcalien sich bildenden übelriechenden Gasen und gleichzeitig zur Verhütung von Verlusten an Ammoniak wendet man, namentlich bei Benützung offener Kübel, Desinfectionsmittel an. Der Desinfectionswerth einiger der wichtigsten dieser Mittel ist von Fleck bestimmt worden. Er fand, den Wirkungswerth einer Mischung von Chlorkalk und Schwefelsäure = 100 Grm. gesetzt, folgende Zahlen:

Chlorkalk und Eisenvitriol	= 99,0
Lüder & Leidloff's Pulver	= 92,0
Carbolsäure-Desinfectionspulver	= 85,6
Gelöschter Kalk	= 84,6
Alaun	= 80,4
Eisenvitriol	= 76,7
Chloralum	= 74,0
Bittersalz	= 57,1
Uebermangansaures Kali und Schwefelsäure .	= 51,3

Die durch Abfuhr gewonnenen Fäcalien*) werden entweder

* Nicht dringend genug kann die allgemeine Einführung des neuerdings auf den württembergschen Bahnen für den Transport von Fäcalien acceptirten Modus empfohlen werden. Näheres darüber siehe Deutsche landwirth. Presse 1877. Nr. 28.

direct zur Düngung verwendet oder es werden aus ihnen diverse Düngerpräparate dargestellt.

In ersterem Fall sind die auf die Felder gebrachten Mengen je nach Qualität der Fäcalien und des Bodens verschieden. In Belgien gibt man per Hectar 6—18 Kubikmeter dieses Düngers, wobei die Düngung alljährlich und zwar meist vor der Saat wiederholt wird; in der Nähe von Karlsruhe verwendet man als Maximum auf nicht sehr fruchtbarem Sandboden per Hectar für eine Ernte ca. 15 Kubikmeter, bei Grenoble bis 30 Kubikmeter alle 4 Jahre.

Die Methoden, um die frischen Fäcalmassen in leichter verwerthbarere, besser transportable und höherwerthige Formen zu bringen sind zahllos.

Dabei steht aber fest, dass nur die allereinfachsten Methoden mit den einfachsten Apparaten sich als lohnend erwiesen haben. Alle Unternehmungen, gegründet auf Gewinnung von concentrirtem Dünger aus den Unrathstoffen mit Hilfe von Centrifugalmaschinen, Destillationen, Eindampfungen und dergl. konnten sich nicht erhalten.

Das einfachste Verfahren ist wohl die Gewinnung eines festen Düngers durch blosses Austrocknenlassen der Unrathmassen in flachen Gruben. Das so erhaltene Product heisst Poudrette.

Zur Poudrettebereitung werden die menschlichen Entleerungen in flachen, 10 bis 20 Quadratmeter grossen, mit Thon oder durch eine Pflasterung undurchlässig gemachten Gruben gesammelt.

Das Verdunsten des Wassers überlässt man der Luft. Um die Verflüchtigung des Ammoniaks zu hindern, wird der Masse etwas Schwefelsäure zugegeben, das verdunstete Wasser aber durch neue Zufuhr von Excreten ersetzt und damit so lange fortgefahren, bis die ganze Grube mit einer dickbreiigen Masse angefüllt ist, die herausgenommen und unter häufigem Umstechen an der Luft vollkommen getrocknet wird. Letzteres kann auch so geschehen, dass man die zum Herausheben taugliche Masse stückweise in gedeckten, an den Seiten offenen Schoppen auf Lattengestellen ausbreitet. Die auf eine oder die andere Art völlig getrocknete Masse wird zermahlen und kommt als dunkles erdiges Pulver unter dem Namen „Poudrette“ in den Handel.

Leider sind selbst die besten Poudrettefabrikate nicht frei von Sand und anderen werthlosen Stoffen, da solche von der schon ursprünglich durch Verunreinigung damit versehenen Masse kaum zu entfernen sind. Die Poudrette ist aber auch ebenso wie aller andere Handelsdünger, absichtlichen Verfälschungen mit werthlosen

Stoffen ausgesetzt, um ihr Gewicht zu vermehren. Dadurch verliert das Product ausserordentlich. Es ist anzunehmen, dass 10,000 Theile Poudrette guter Qualität enthalten:

Wasser	2500	
Organische Stoffe	3000	
Hierin Stickstoff		300
Mineralstoffe	4500	
Hierin Phosphorsäure		300
Kalk- und Talkerde		500
Kali		150
Sand, Thon und ähnliche werthlose Stoffe	3650	

Nach Angabe der Fabrikanten geben 1000 Hectoliter breiige Fäcalstoffe bei der gewöhnlichen Poudrettefabrication 350 Hectoliter Poudrette im Gewichte von 21,000 Kilo und mit einem Gehalte von 315 Kilo Stickstoff.

Soll Poudrette verwendet werden, so ist sie gut gepulvert drei Tage vor der Saat auf die Saatfurche zu streuen und sogleich einzueggen, aus der Hand darf aber nur an windstillen Tagen gesäet werden. Soll Poudrette nur als Kopfdüngung benützt werden, so muss letztere, besonders bei Winterroggen, schon im Herbste, zum Zweck der Kräftigung zurückgebliebener Wintersaat selbstverständlich im Frühjahre erfolgen. Auch zum Lochdüngen verwendet man Poudrette mit Erde gemischt, namentlich bei Kartoffeln.

Die für die Poudrette-Düngung geeignete Bodenart ist eine an und für sich fruchtbare, nicht zu bindige und mehr trockene. Fast ganz wirkungslos bleibt nach vielseitigen Erfahrungen die Poudrette auf nassen und kalkhaltigen Bodenarten.

Besonders für die Gemüse und Knollengewächse ist die Düngung mit Poudrette angezeigt. Bei Halmfrüchten muss man wegen des leicht entstehenden Lagerns etwas vorsichtiger sein. Zu berücksichtigen ist ferner, dass beim Gebrauche menschlichen Düngers die Körner der Getreidearten wohl kleberreicher, aber stärkemehlärmer werden. Eine nach Poudrettedüngung gebaute Gerste ist daher für Brauer weniger gut, während der Roggen oder Weizen sich zum Brodbacken vorzüglich eignen. Für Wiesen und Klee ist, wie wir sehen werden, die Anwendung der Fäcalien in flüssiger Form besser als in Form von Poudrette.

Die Ansicht, dass die nach Poudrette-Düngung erbauten Früchte einen widerlichen Beigeschmack hätten, ist ein Vorurtheil.

Von den anderen Verarbeitungsarten seien nur noch einige wenige angeführt. Die Bereitung des „animalisirten Kalkes“ geschieht in der Weise, dass man die breiigen Fäcalmassen mit

Kalk mischt, welcher vorher mit Urin zu Mehl gelöscht wurde, und sie dann trocknet. Man nimmt 75% frische Fäcalstoffe und 25% Kalkmehl. Dieses Mischen ist mehr ein Ueberziehen einzelner Fäcaltheile mit Kalk nach Art der Fabrication der Pralinés. Nach den Analysen enthält der animalisirte Kalk

Wasser	26,25%
Organische Substanzen .	19,50%
Stickstoff	2,10%
Phosphat	3,25%

Ganz trocken ist er geruchlos; da er aber sehr hygroskopisch ist, entwickelt er bald einen eigenthümlichen Geruch. Die Wirkung dieses Düngers tritt im ersten Jahre nicht besonders hervor, in dem folgenden um so mehr.

Der sogenannte „Taffo“ wird aus Fäcalstoffen bereitet, denen Abfallstoffe aller möglichen Art zugesetzt werden. Die Fabrication ist folgende: Die breiigen concentrirten Fäcalmassen werden mit 25% ihres Gewichtes an Abfallstoffen vermischt. Diese Mischung wird zwischen zwei gerippten Walzen gemahlen, dann in einem Rührwerk noch weiter gemengt und kann später noch einen Zusatz von anderen Pflanzennährstoffen, z. B. von schwefelsaurem Ammoniak, Superphosphat oder Alkalien erhalten. In letzterem Falle nennt man das Fabrikat „angereicherten“, eventuell „Phospho-Taffo“.

Dann wird die Masse auf einer Presse zu Ziegeln geformt. Die gewöhnlichen Ziegelmaschinen eignen sich hierzu nicht, weil die Masse sehr schmierig ist und sich sehr leicht an den Kolben setzt. Man bedient sich eines Apparates, der nach Art eines liegenden Thonschneiders construirt ist, aber statt der gewöhnlichen schraubenförmigen Messer eine vierseitige Walze mit vertieften Seiten eingefügt enthält.

Die Analyse dieser Fabrikate ergab:

	Einfacher Taffo	Angereicherter Taffo	Phospho-taffo.
Wasser	18,40	21,00	12,01
Organische Substanzen . . .	45,80	44,90	36,51
Phosphorsaurer Kalk . . .	9,50	11,60	37,80
Kali	1,35	0,78	nicht bestimmt
Alkalien	1,80	1,22	„
Andere düngende Substanzen .	23,15	20,50	13,59
	100,00	100,00	100,00
Stickstoff in der organ. Substanz	3,60	5,92	5,10

Hie und da hat man wohl versucht, die festen Excremente von dem Urin zu sondern und beide separat zu verarbeiten, jedoch ohne sonderlichen Erfolg. Wird der Urin von den Excrementen

getrennt, so entbehrt der aus den letzteren bereitete Dünger sehr viel Stickstoff und Phosphorsäure und wird der Urin allein, so z. B. aus den Pissoirs grösserer Städte zu sogenannten „Uraten“ benützt, so ist bei deren Fabrication der bedeutende Wassergehalt störend. Die Urate stellt man meist dadurch her, dass man durch Urin gelöschtes Kalkmehl (3/4 Urin und 1/4 Kalk) zusetzt. Die Analyse eines mit Urin übersättigten Kalkes ergab:

Organische Substanz exclus. Stickstoff	23,25%
Stickstoff	1,45%
Phosphorsäure	0,88%
Alkalien	0,70%
Kalk	38,95%
Andere Substanzen	17,87%

Zuweilen wird statt des Kalkes auch Gyps zum Eintrocknen verwendet.

2. Die Spülung und Canalisation ist unter gewissen Verhältnissen ohne Zweifel ganz am Platze. Das Haupthinderniss bei der Verwerthung ist die in Folge der Wasserspülung zu starke Verdünnung des Kloakeninhaltes (sewage).

Den verdünnten Kloakeninhalt leitet man entweder in grosse Bassins zur Klärung und Ausfällung der in der Flüssigkeit fein vertheilten Fäcalmassen oder man benützt ihn direct zur Berieselung der Felder. Ueber letzteres Verfahren, wie es in Croydon, Rugby und Edinburg, dann in Danzig, Berlin, Brüssel, in Genvilliers bei Paris und anderen Orten eingehalten wurde und wird, soll später ausführlicher gesprochen werden. Ersterwähntes Verfahren, welches in Asnières bei Paris, in Tottenham in England und anderwärts im Grossen und theilweise mit Erfolg angewendet wurde, erfordert einmal colossale Bassins, die nicht überall anzubringen sind, und dann ein entsprechendes Fällungsverfahren.

Bewährt hat sich in dieser Beziehung das von Forbes und Price. Es besteht darin, dass man ein Thonerde-Phosphat (von Alta Vela, einer kleinen Insel in Westindien stammend), welches durch Behandlung mit Schwefelsäure löslich gemacht, also in ein Superphosphat umgewandelt wurde, dem Kloakeninhalt in den Bassins zusetzt und mit demselben mengt, worauf man durch Zusatz von Kalkmilch, unter Vermeidung eines Ueberschusses, das Thonerdephosphat wieder ausfällt. Der voluminöse Niederschlag, welcher sich ziemlich rasch zu Boden setzt, reisst die in der Flüssigkeit schwebenden und deren Trübung verursachenden Substanzen mit nieder, so dass die Flüssigkeit über dem Bodensatz völlig klar sich zeigt. Jene wird nun abgelassen, während der Bodensatz getrocknet und als Dünger verwerthet wird.

4. Stickstoff-Guano (Peruguano).

a. Vorkommen, Zusammensetzung, Eigenschaften und Wirkung.

Der Peruguano besteht aus den Excreten von Seevögeln (Möven, Tauchern), welche die Inseln der Westküsten des südlichen Amerika bewohnen und sich von Fischen nähren. Die Vogelexcremente sind, wie nachstehende Analysen belegen, überhaupt sehr reich an Stickstoff.

Es enthalten 100 Theile Excremente von

	Taube*)	Huhn	Nachtigall	Adler (trocken)
Wasser	51,9	56,0	—	—
Organische Substanz	30,8	25,5	—	93,8 —99,2
Darin Stickstoff . .	1,76	1,63	17,0	35,7 —37,7
Asche	17,3	18,5	—	0,8 — 6,2
Darin Phosphorsäure	1,78	1,54	2,42	0,32— 2,79
Kali	1,00	0,85	—	—

Bei der Fleischnahrung und der grossen Gefrässigkeit jener Seevögel, welche in unzähligen Massen auf diesen Küsten und Inseln übernachten und nisten, werden die im Laufe der Jahrtausende angesammelten ungeheuren Lager von Stickstoffguano erklärlich. Vom Wasser nicht berührt, denn jene Gegenden sind regenlos und die Nistplätze der Vögel vor den Meeresfluthen geschützt, konnten die Excremente die gesammten löslichen, meist aus Ammoniakverbindungen bestehenden Substanzen unverändert behalten. Der peruanische und von diesem namentlich der Chinchaguano zählt zur vorzüglichsten Sorte, seine Verwerthung bildet eine Haupteinnahmsquelle Perus.**) Der echte Peruanische Guano

---

*) Ergänzend sei noch die Zusammensetzung der Excremente des Hausgeflügels angeführt:

	Taubenmist	Hühnermist	Entenmist	Gänsemist
Organische Substanz .	77,81—85,2	59,26—74,30	85,02	74,92
Phosphate	7,75—15,50	13,79—14,50	7,39	5,15
Kohlensaurer Kalk . .	0— 4,98	7,70—23,58	7,06	—
Alkalisalze	0,49— 5,75	3,37— 3,50	0,53	19,93
Stickstoff	3,09— 6,20	1,87— 5,54	1,64	3,19

Jährlich liefert durchschnittlich eine Taube 2762 Grm. Excremente
„ „ „ „ Henne 5523 „ „
„ „ „ „ Ente 8885 „ „
„ „ „ „ Gans 11047 „ „

**) Die ersten Proben Guano wurden 1804 von Humboldt nach Europa

findet sich in oft bis 50 Meter hohen Schichten auf dem felsigen Grunde der öden, vegetationslosen Inseln abgelagert, wird mittelst Spitzäxten und Spaten gewonnen, und auf die stets der Befrachtung harrenden Schiffe verladen.

Die bedeutendsten Ablagerungen des Peruguano finden sich auf den Chincha-Inseln, deren eine aber bereits erschöpft ist. Im Norden der Chinchas hat man noch gute Guanolager gefunden auf den Ballestas-, Guanape- und Macabi-Inseln. Die südperuanischen Lager sind die von Chipana, Huanillas, Punta de Lobos, Pabellon und Pica und Puerte Ingles.

In geringeren Quantitäten kommen auch noch an anderen Fundorten recht gute Guanosorten vor, so wird z. B. von einigen Inseln Bolivias und Chili's, des stillen Oceans, des karaibischen Meeres, an der Westküste Afrika's (Pacquino), Schabo, Ichaboe*), Shay Pinguoin Guano in den Handel gebracht. Neuerlich hat man auch in Europa Guanolager gesucht und in Norwegen, Frankreich, Ungarn und Sardinien u. s. w. auch etwas Aehnliches in den massenhaften Ablagerungen von Fledermaus-Excreten (Fledermausguano, sardinischer Guano) gefunden.

Neben dem vorzüglichen Peruanischen Guano kommen auch Sorten aus anderen Gegenden vor, welche ihren Stickstoffgehalt durch Auslaugen meist verloren haben. Zu diesen schlechten Sorten gehören jene aus den dem Regen unterworfenen Gegenden Amerika's, Afrika's, Australiens und Asiens, und sind meist unter den Namen: patagonischer, Sea-Island-, Saldanhabay-Guano, Scharks-Bay-, Cap-, Curia-, Muria-, arabischer (Rothmeer-) Guano u. s. w. im Handel bekannt und lassen bei der häufigen Willkür in den Benennungen durchaus keinen Schluss auf die Zusammensetzung des Guanos zu.

Die Zusammensetzung des Peruguano ist eine sehr variable, je nachdem derselbe mehr oder weniger mit Nahrungsüberresten, den Leibern der Vögel und anderen Beimengungen untermischt ist. Auch die Feuchtigkeit (Thau), so gering ihre Menge auch sein mag, hat im Laufe der Zeit Einfluss auf die Beschaffenheit des Guano. Abgesehen von der schieferartigen, jüngsten und obersten Schicht des Lagers hat man noch drei mächtige über einander

---

gebracht. Seit 1841, wo die eigentliche Ausfuhr im Grossen begann, sind über 300 Millionen Centner Guano nach Europa geschafft worden und nach einer Schätzung vom Jahre 1853 betrug der auf den drei wichtigsten Inseln Perus angehäufte Guano etwa 257 Millionen Centner (nach Faraguet).

*) Die Guanolager dieser Insel sind bereits erschöpft. 15 Monate reichten hin, um diesen afrikanischen Düngerhaufen von circa 4,000,000 Centner nach England zu schaffen.

liegende Abtheilungen zu unterscheiden: den oberen (Surface-) Guano, der gelblich-grau von Farbe ist, den mittleren gelben und den unteren braunen Guano. Die mittlere Schicht ist die beste, denn sie enthält die löslichen Kali-, Ammoniak-, Kalk- und Magnesiasalze der oberen Schicht und Ammoniak und kohlensaures Ammoniak, welches sich aus der unteren Schicht entwickelt.

Echter Peruguano bildet ein kleinkörniges Pulver, theilweise zu grossen, festen Klumpen geballt, die sich im Innern oft krystallinisch und glänzend zeigen, er ist fettig anzufühlen, zeigt eine von hell bis dunkel wechselnde kaffeebraune Farbe und hat salzigen ätzenden Geschmack. Jene im Guano vorkommenden Klumpen sind je nach der Schicht, aus der sie stammen, verschieden zusammengesetzt. Die Knollen aus der oberen Schicht sind identisch mit dem sie umgebenden Mehl; die Knollen des mittleren gelben Guanos sind heller gefärbt, oft weiss und enthalten jedenfalls einen krystallinischen Kern, wenn sie nicht durchweg strahlig krystallinisch sind. Sie bestehen aus oxalsaurem und harnsaurem Ammoniak. Die Concretionen der untersten Schicht bestehen der Hauptmasse nach aus Erd- und Alkalisalzen, besonders häufig aus schwefelsaurem Kali. Der dem Peruguano und jedem Stickstoffguano zukommende eigenthümliche Geruch ist bedingt durch den Gehalt an Ammoniaksalzen und sich zersetzenden organischen Substanzen.

Folgende Uebersicht gibt uns ein Bild von der Zusammensetzung des Guanos:

Harnsaures Ammoniak	3,4—12,2%
Oxalsaures Ammoniak	10,6—17,7%
Oxalsaurer Kalk	1,3—16,4%
Phosphorsaures Ammoniak . . .	6,0— 6,9%
Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia	2,6—11,6%
Schwefelsaures Kali	4,0— 5,5%
Schwefelsaures Natron	1,1— 4,9%
Chlornatrium	0 — 0,4%
Chlorammonium	2,2— 6,5%
Phosphorsaurer Kalk	9,9—20,2%
Kohlensaures Ammoniak . . .	0 — 0,8%
Humussaures Ammoniak . . .	0 — 1,1%
Phosphorsaures Natron	0 — 5,3%
Kohlensaurer Kalk	0 — 1,6%
Wachsartige Substanz	0 — 0,8%
Sand und Thon	1,7— 5,9%
Wasser und organische Substanz	12,9—32,3%

Unter diesen Bestandtheilen sind die stickstoffhaltigen die werthvollsten. Ihre Menge

wird um so geringer sein, je mehr der Guano vom Regen- oder Meerwasser ausgespült wurde. Der Stickstoff findet sich als Harnsäure, Ammoniak und in organischen Stoffen. Das Ammoniak ist meist an Harnsäure oder andere Säuren (Oxalsäure, Phosphorsäure u. s. w.) gebunden. In sehr gutem Peruguano vertheilt sich der Stickstoff auf die Bestandtheile in etwa folgender Art:

Auf die Harnsäure . . .	9 Proc.
„ Ammoniak	6 „
Stickstoff in org. Substanzen	2 „

Alle diese Stickstoffverbindungen, welche nicht schon Ammoniak sind, verwandeln sich allmählich in solches, das dann meist an Kohlensäure gebunden ist. Um das Ammoniak oder kohlensaure Ammoniak vor Verflüchtigung zu schützen, empfiehlt es sich, dem Peruguano Erde, Torf, Beinschwarz (15—20%) beizumengen, oder ihn mit Schwefelsäure zu behandeln.

Nächst dem Stickstoff ist die Phosphorsäure als wichtigster Bestandtheil des Stickstoffguanos anzusehen. Ihr Gehalt wechselt zwischen 10—20 Proc. und zeigt sich um so grösser, je geringer (in Folge von Wasserauslaugung) der Stickstoffgehalt ist. Doch ist in gutem Guano immer noch ein, wenn auch geringer und im Maximum wohl kaum 2 Procent betragender Theil der Phosphorsäure in Form von Ammoniak- oder Alkaliphosphaten vorhanden. Die Phosphorsäure kann wegen ihrer vorwiegend unlöslichen Form im Guano viel langsamer zur Wirksamkeit kommen, als der Stickstoff.

Kali findet sich, gebunden an Schwefelsäure oder andere Säuren, nur in geringer Menge, da die Excrete von Fleischfressern, zu denen die Guanovögel gehören, stets weniger Kaliverbindungen enthalten, als jene der Pflanzenfresser. Dennoch bleibt selbst diese geringe Kalimenge für das Pflanzenleben sehr beachtenswerth.

Auch die Verbindungen des Natrons, als Kochsalz, Glaubersalz u. s. w. finden sich nur in geringer Menge im Guano vor. Wenn diese Verbindungen aber, wie z. B. in einigen aus Chili stammenden Guanosorten, in oft ziemlich bedeutender Menge vorkommen, so vermindert sich der Werth des Guano entschieden, denn Kochsalz kann sich der Landwirth billiger verschaffen.

Ganz werthlose Bestandtheile, wie Sand, Thon u. dgl., dürfen höchstens 2 bis 3 Procent betragen. Das im Guano vorhandene Wasser ist selten weniger als 12 Proc. Gleich anderen schnell in Aufnahme gekommenen Handelsdüngern erging es auch dem Guano, er wurde und wird häufig gefälscht. An den nordischen, besonders englischen Hafenplätzen bildet die Guanoverfälschung sogar einen sehr vortheilhaften Erwerbszweig, bei welchem alles nur irgend

taugliche Material, und zwar so geschickt in Anwendung kommt*), dass es Farbe und Geruch des Guano täuschend annimmt. Mit solch verfälschtem Guano werden aber nur solche Firmen versorgt, welche sich mit dem Detailverkaufe beschäftigen und noch so viel Gewissen haben, die gefälschte Waare allenfalls noch mit etwas reinem Guano aufzufrischen, um ihm den eigenthümlichen Geruch für längere Zeit zu sichern. Eine sehr nachtheilige Fälschung des Guano ist auch jene mit Wasser, mit welchem er von Zeit zu Zeit stark angefeuchtet wird. Denn abgesehen von der starken Gewichtsvermehrung, durch welche der Fälscher profitirt, verjagt er noch den werthvollsten Bestandtheil, denn je feuchter der Guano wird, desto leichter zersetzen sich die Stickstoffverbindungen unter theilweiser Ammoniakverflüchtigung. So ist dieses so werthvolle Düngemittel durch maasslosen Betrug leider den Landwirthen vielfach verleidet worden, das Beste ist, sich nur an die bestrenommirten**) Handelsfirmen zu wenden, aber auch dann nur gegen Garantie des Gehaltes.

Die Kennzeichen eines guten Peruguanos sind folgende: Er stellt ein braungelbes, lockeres Pulver dar, welches mit mehr oder weniger grossen meist leicht zerreiblichen Knollen von hellerer Farbe gemengt ist. Mit Kalk gemischt entwickelt er, besonders beim Erwärmen, einen starken Ammoniakgeruch; letzterer soll sich auch intensiv beim Einäschern des Guano zeigen. Guter Guano hinterlässt 30—33 Proc. Asche, schlechter 60—80 Proc., absichtlich verfälschter noch mehr. Die Asche soll weiss oder grau aussehen. Eine gelbe oder rothe Färbung deutet auf Verfälschungen mit Lehm, Ziegelmehl, Mergel, Erde. Löst man die Asche in Salpetersäure, so soll nur eine schwache Kohlensäureentwickelung stattfinden und nicht mehr als 3 Proc. des Guanos ungelöst bleiben.

---

*) In der Grafschaft Essex in England gibt es Mergellager, wie in Norwood Lehmlager, welche eigens nur zu Zwecken der Guanoverfälschung ausgebeutet wurden.

**) Die Guanolager des Staates Peru waren an Henry Witt & Schitte in Lima vergeben und von diesen bis zum 1. November 1876 an Mutzenbecher Söhne in Hamburg die alleinige und ausschliessliche Einfuhr des Peruguanos in alle zum deutschen Bunde gehörigen Länder übertragen. Ohlendorff & Comp. verarbeiteten den seebeschädigten Guano. Am 1. Nov. 1876 hat die Peruanische Regierung den Vertrieb ihres Guanos an die Peruvian Guano limited in London übertragen. Mit dem ausschliesslichen Verkauf desselben in Deutschland, Oesterreich, Holland und Skandinavien sind die Herren Schröder, Michaelsen & Comp. im Hamburg beauftragt. Die Garantieen, welche diese Firma für die Beschaffenheit des Guano zu bieten geneigt scheint, sind aber nicht genügende. Die Firma Ohlendorff & Comp. soll noch Guanovorräthe haben, die einen Werth von 200 Millionen Mark repräsentiren und sie leistet, was die Haupstache ist, Garantie für den Gehalt.

Beim Digeriren mit Wasser löst sich von gutem Guano ungefähr die Hälfte seines Gewichtes auf, bei geringeren Sorten bleiben 80—90 Proc. ungelöst. Die Lösung ist braungefärbt, wie Madeirawein, bei geringeren Sorten hellgelb. Der Gehalt an Phosphorsäure sowie an Stickstoff beträgt bei gutem Peruguano 13 bis 14 Procent.

Die Wirkung des Guanos beruht vornehmlich auf seinem Gehalte an Stickstoffverbindungen und phosphorsauren Salzen. Durch erstere wird den Pflanzen nicht nur direct Stickstoff zugeführt, sondern sie machen auch, was wohl zu beachten, vorzüglich durch das oxalsaure Ammoniak andere unlösliche mineralische Nährstoffe, besonders den unlöslichen phosphorsauren Kalk, löslich. Durch diese direct und zugleich indirect günstige Wirkung auf die Pflanze ist der echte Guano ein schnelltreibendes, aber weniger nachhaltig wirkendes Düngemittel. Die Wirkung des Guano ist übrigens nur eine chemische, in physikalischer Beziehung nützt er dem Boden nicht. Hingegen ermöglicht seine treibende Wirkung, schlecht stehende Gewächse aller Art im Wachsthum zu kräftigen und eine reiche Ernte zu erzielen. Wenn der Landwirth durch Futter- und Strohmangel leidet, wegen schlechten Wetters verhindert ist, zu pferchen und der Düngervorrath nicht genügt, so hilft der Guano solcher Verlegenheit ab.

b. Die Anwendung des Guano.

Die erste Ladung Guano traf in Europa und zwar in England, 1840 ein; bald wurden auch in Deutschland Versuche mit Guano gemacht und vornehmlich Stöckhardt's Wirken verschaffte dem Guano schnell die allgemeinste Verbreitung.

Der Guano muss, bevor er auf das Feld gebracht wird, durch Zerschlagen der grossen Stücke mittelst Dreschflegeln oder einer Zerkleinerungsmaschine in eine pulverähnliche Masse verwandelt und mit der 3—4fachen Menge lockerer humoser Erde auf der Tenne gleichmässig gemengt werden. Die Mischung mit Erde bietet die Vortheile, dass der Guano leichter und gleichmässiger auf das Feld vertheilbar, das so lästige Stauben beim Ausstreuen und die Verflüchtigung des Ammoniaks verhindert wird.

Zu letzterem Zwecke kann man auch andere Ammoniak bindende Mittel anwenden, z. B. verdünnte Schwefelsäure, mit welcher der Guano aber nur so viel befeuchtet wird, dass er nicht zusammenbackt; man mischt und schaufelt ihn dann mit Erde durcheinander, so dass man gut streubares Pulver erhält.*)

*) Ohlendorff & Comp. in Hamburg schliessen den seebeschädigten Guano

Ferner dient zur Beimischung des Guano aufgeschlossenes Knochenmehl, Bittersalz (20—30%) und Holzkohlenpulver (20 bis 25%). Gyps ist wegen seiner Schwerlöslichkeit und ebenso Asche, welche unter Umständen das Ammoniak austreibt, nicht zu empfehlen. In Deutschland wendet man neuerer Zeit Stassfurter Kalisalze als Zusatz zum Guano an und es soll sich diese Methode bewähren.

Die Aufbringung des so zubereiteten Guano geschieht bei breitwürfiger Düngung mit der Hand, oder auch durch Guanostreumaschine. Er ist möglichst gleichmässig über die ganze Feldfläche zu vertheilen und sogleich unterzubringen. Wie tief dies zu geschehen hat, wird aus folgenden praktischen Andeutungen erhellen.

In erster Reihe ist die Art der zu bauenden Pflanzen, dann aber auch die Boden- und Witterungsverhältnisse dabei maassgebend. Bei trockenem Wetter und leicht austrocknendem (sandigem) Boden muss der Guano tiefer, und zwar bis 15 Ctm. und darüber untergepflügt werden, als im feuchten Boden, weil bei Wassermangel keine Zersetzung vor sich gehen könnte, und er daher unwirksam bleiben müsste. In Pfalzdorf und Umgegend (Rheinprovinz, Cleve) hat sich die Praxis gebildet, zu Raps und Sommerfrüchten in allen Bodenarten, auf leichteren Bodenarten aber auch zu Wintergetreide, den Guano bis zu einer Tiefe von 10—15 Ctm. unterzupflügen, da man dann seine Wirkung immer gesichert fand, während früher in trockenen Jahren der nur eingeeggte Guano auf den leichteren, weniger Feuchtigkeit haltenden Bodenarten bei Sommerfrüchten öfters seine Wirkung versagte.

Auch Versuche, die Stöckhardt nach dieser Richtung hin angestellt, sprechen zu Gunsten einer tieferen Unterbringung des Guano.

Bei Hackfrüchten bringt man mitunter den Guano in die Saatfurche als Reihendünger, bei Gartengewächsen wendet man ihn als Lochdüngung an. Jedoch muss man immer darauf achten, dass er nicht in unmittelbare Berührung mit dem Samenkorn kommt, weil letzteres wegen der ätzenden Wirkung des Guano gefährdet werden könnte. In England hat man mit Rücksicht hierauf besondere Drillmaschinen construirt, die den Guano zuerst ausstreuen, ihn dann mit etwas Erde bedecken und nun erst den Samen aufbringen.

Nach zu Tharand unternommenen Versuchen hat sich sowohl bei Weizen (Winter- und Sommerweizen), Roggen, Gerste, Zuckerrüben, als bei Hafer eine allmählich wiederholte Düngung sehr wirksam gezeigt.

---

mit 22 Proc. seines Gewichtes 66grädiger Schwefelsäure auf und garantiren in diesem Product, welches nicht nur den Vortheil hat, dass es das Ammoniak nicht verliert, sondern auch die Phosphorsäure in löslicher, sicher wirkender Form enthält, 10 Proc. Stickstoff und 10 Proc. lösliche Phosphorsäure.

Bezüglich der Bodenart verhält sich der Guano im Allgemeinen dem Stalldünger ähnlich; er wirkt in leichten Bodenarten schneller als in schweren.

Das Quantum des zu verwendenden Guanos hängt davon ab, ob er allein angewendet werden, oder nur als Beidünger dienen soll.

Wird er nur als Beidünger, vorzüglich zur Nachdüngung im zeitigen Frühjahr verwendet, so sind je nach dem Stande der Saaten 2—4 Centner per Hectar erforderlich.

Wenn allein mit Guano gedüngt wird, rechnet man per Hectar
als schwache Düngung . 2—4 Centner,
als mittelmässige . . . 6—8 „
als sehr starke . . . . 10—12 „

Letztere Mengen werden wohl nur bei den nicht lagernden Oelfrüchten gegeben, wobei aber höchstens noch im folgenden Jahre auf Nachfrucht ohne Düngung zu rechnen ist. Nach den Erfahrungen Geyer's vertheilt sich die auf 3 Jahre sich erstreckende Wirkung so, dass auf das 1. Jahr 60%
„ „ 2. „ 25%
„ „ 3. „ 15%
der Gesammtwirkung entfallen.

In Sachsen schätzt man 1 Centner Guano gleich 65—70 Ctr. Stalldünger. Die Guanodüngung eignet sich vorzüglich für Oelfrüchte aller Art, Kartoffeln, Weizen, Roggen, Gerste, Wicken, Erbsen, Hopfen, Hafer, Kraut, Klee. Auch bei Zuckerrüben kann man Guano mit Vortheil verwenden. Zu Graswuchs benützte Ländereien sind nur Anfangs oder Mitte April (unter Umständen auch nur im Herbste) mit Guano zu düngen. Auf Wiesen wird er mit Vortheil auch im flüssigen Zustande verwendet; 2—4 Centner per Hectar liefern auf zwei Jahre reichliche Düngung.

c. Dem Peruguano verwandte, künstliche Guanosorten.

Die günstigen Wirkungen und der Preis des Peruguano veranlassten zahlreiche Nachahmungen, die unter dem Namen „künstliche Guanos“ in den Handel gebracht wurden, wegen ihrer öfteren Verfälschungen aber bald in Misscredit geriethen und kaum noch Beachtung finden.

Werthvoll sind hingegen jene Guanosorten, die in sofern dem Peruguano verwandt sind, als sie aus Meeresthieren erzeugt werden oder von solchen abstammen. Es sind dies der Sprottenguano, Robbenguano, Norwegischer Fischguano und Garnatguano.

Der Sprottenguano wird seit etwa 30 Jahren an den

englischen Küsten, namentlich denen von Sussex, Kent und Essex, durch Zerstampfen der massenhaft gefangenen Sprotten (Clupea sprattus) bereitet und mit Erfolg als Dünger für Weizen und Hopfen verwendet. Auch aus Häringen, sogenannten Breitlingen, suchte man einen künstlichen Guano zu bereiten und Petlitt liess sich schon im Jahre 1853 ein Verfahren, mittelst Schwefelsäure einen Kunstdünger aus diesen Fischen darzustellen, für England patentiren.

Der Robbenguano wird an der Bai von Ferrol, auf den Lobos-Inseln und der Isla de Tortuga gefunden. Er besteht vorzugsweise aus den Leibern der Robben und man findet daher häufig die schwer zersetzbaren Theile derselben, Knochen, Haare und Felle darin. Diese Lager werden noch heute von den Thieren bewohnt, so dass sie in fortwährender Zunahme begriffen sind.

Der norwegische Fischguano ist seit 1862 auf dem deutschen Düngermarkte erschienen und hat sehr bald grosse Verbreitung gefunden. Auf die Qualität des Fischguano hat in neuerer Zeit die Concurrenz günstig gewirkt. Zwei neue durch Meinert in Norwegen errichtete grosse Etablissements, welche 1874 für Rechnung deutscher Kaufleute, das eine auf Lofoden, das andere in Hammerfest, angelegt wurden, liefern einen Guano (Firmen: Emil Meinert in Leipzig und Otto Radde in Hamburg), welcher zunächst entfettet und gedämpft, darauf gedörrt und staubfein gemahlen wird, daher betreffs seiner Qualität nichts mehr zu wünschen übrig lässt. 8% vor Verflüchtigung geschützter Stickstoff und 12% Phosphorsäure werden garantirt. Vohl fand im Mittel von drei übereinstimmenden Analysen in diesem Guano:

Phosphorsäure	13,894%	
Kalk	16,431%	
Magnesia	0,468%	
Chlornatrium	1,392%	
Chlorkalium	Spur	
Eisenoxyd	0,023%	
Sand	1,534%	
Kohlensäure	3,069%	
Kieselsäure	0,886%	
Aschenbestandtheile		37,697%
Wasser	6,373%	
Stickstoff	8,763%	
Organische Substanzen	47,167%	
Flüchtige und verbrennliche Substanzen		62,303%
In Summa		100,000%

Die Phosphorsäure ist als dreibasisches Kalksalz vorhanden; der Stickstoff, in organischer Substanz, wird erst während der Fäulniss im Boden als Ammoniak frei und bietet so der Pflanze eine reiche und nachhaltige Stickstoffquelle. Der Fischguano kann als Streu- wie als Gussdünger verwendet werden. Ganz besonders in letzterer Form erzielt man mit demselben beim Gemüse- und Obstbau sehr günstige Resultate. Als Streudünger, namentlich mit Holzasche gemischt, kann er jeden Kunstdünger ersetzen und übt besonders auf rohem, noch unzersetztem Boden ganz vortreffliche Wirkung. Die anzuwendende Menge ist bis zu 1000 Kilo per Hectar.

Der Garnatguano wird aus den an den Nordseeküsten massenhaft vorkommenden kleinen Krebsen (Crangon vulgaris) erzeugt. Vor ungefähr 16 Jahren wurde bei Varel an der Jade eine Fabrik errichtet. Man dörrt die Krebse auf heissen Eisenplatten so lange, bis sie sich unter Mühlsteinen zu feinem Pulver zermahlen lassen. Nach einer Analyse von Wicke besteht der Garnatguano aus:

Organische Substanz	69,21%
Stickstoff in derselben . . .	11,00%
Phosphate	5,26%
Kohlensaurer Kalk	6,32%
Schwefelsäure und Chloralkalien	5,30%
Eisenoxyd	0,23%

Der Fledermausguano besteht aus den Excrementen der Fledermäuse, die in den Grotten und Höhlen mancher Länder (Mähren, Ungarn, Krain, Sardinien, Brasilien u. A.) in grosser Zahl vorkommen. Die Analysen ergaben in 100 Theilen des Fledermausguano:

Wasser	13,30—23,42%
Organische Stoffe	56,51—73,01%
Ammoniak	5,34—14,8 %
Salpetersäure	0 — 0,73%
Phosphorsäure	2,30— 3,15%
Kalkerde und Magnesia	2,58— 3,84%
Phosphorsaures Natron und andere Alkalisalze	1,56— 2,13%
Schwefelsäure	0,13— 2,42%
Chlor	0 — 0,45%
Eisenoxyd	Spur — 0,38%
Kieselsäure und feiner Sand	2,09— 3,55%
Stickstoff überhaupt	7,78—12,3 %

Popp fand in dem Harn von egyptischen Fledermäusen:

Harnstoff	77,80%
Harnsäure	1,25%

Kreatin	2,55%
Phosphorsaures Natron	13,45%
Wasser	3,66%
Im Wasser unlöslicher Rückstand	0,575%
Stickstoff	37,2%

Der Fledermausguano ist reich an Stickstoff, aber verhältnissmässig arm an Phosphaten. Die aus Chitin bestehenden Flügeldecken der von den Fledermäusen gefressenen Insekten finden sich massenhaft in den Excrementen vor, zersetzen sich aber nur sehr schwer.

Auf der Ausstellung zu Philadelphia kam unter dem Namen „Pacific-Guano“ ein künstlicher Guano vor, welcher ausschliesslich aus phosphorsaurem Kalk aus Süd-Carolina und aus Fischcadavern von Massachusetts dargestellt worden war.

5. Thierische Abfälle.

Die in den Abdeckereien und Schlachthäusern in grosser Menge abfallenden und keine höhere Verwerthung zulassenden thierischen Substanzen sind sämmtlich sehr werthvolle Düngemittel, da die meisten einen grossen Stickstoffgehalt, wenn auch im Allgemeinen verhältnissmässig geringen Aschengehalt mit nur wenig Kali und Phosphorsäure besitzen.

Die Benützung dieser thierischen Stoffe als Dünger ist leider aber bei uns noch eine äusserst geringe. In Belgien, Frankreich und England schenkt man denselben jene Aufmerksamkeit, die sie verdienen. Die Zahl dieser Abfälle ist eben so gross, als ihre Arten mannigfaltig. Die wichtigsten sind etwa folgende: Fleisch, Blut, Haut, Federn, Wolle, Haare, Horn, Klauen u. s. w., ferner die ganzen Körper gefallener Thiere, vom Pferde bis zu den Maikäfern herab, in deren Ausnützung uns die Chinesen als emsige Sammler aller derartigen Düngemittel zum Vorbilde dienen, verwerthen sie doch selbst Bart- und Kopfhaare als Dünger.*) In den ausgedehnten Weideländern Südamerikas werden zur Fleischextractfabrication und um der Häute willen jährlich mehr als 5 Millionen Büffel geschlachtet, deren Fleisch und sonstige Abfälle als Dünger dienen können. Dazu kommen die zahlreichen Abfälle gewerblicher Etablissements.

Das Blut der Wirbelthiere wiegt etwa $^1/_{10}$ des Thierkörpers. 1000 Pfd. enthalten im Mittel

*) Ein Mensch liefert jährlich 150—450 Grm. Kopf- und Barthaar.

Gesammtmenge an trockenen Stoffen	220	Pfd.
Hierin: Stickstoff	37	„
Gesammtmineralstoffe	10	„
Hierin: Kali	1/2	„
Kalk- und Talkerde	1/5	„
Schwefelsäure	1/2	„
Phosphorsäure	1/2	„
Kochsalz, Natron, Eisenoxyd, Kieselsäure	8 3/10	„

Der Stickstoff ist im Blute in Form von organischen, sich sehr leicht zersetzenden Substanzen vorhanden, wodurch sich seine rasche Wirkung erklärt; das Blut ist daher eines der kräftigsten und am schnellsten wirkenden Düngemittel. Diese leichte Zersetzbarkeit lässt aber keine längere Aufbewahrung des Blutes zu, seine Anwendung in flüssigem Zustande ist daher nur in der Nähe des Schlachthauses möglich. In diesem Falle muss das noch warme Blut bis zum Abkühlen unausgesetzt geschüttelt werden, damit die stickstoffhaltigen Substanzen in fein vertheiltem Zustande erhalten bleiben und das Entstehen compakter Massen (Blutkuchen) verhindert wird.

Häufig wird das Blut in eigenen Fabriken eingedickt und als „getrocknetes Blut“ oder „Blutdünger“ in den Handel gebracht. So z. B. in Paris, wo monatlich gegen 2000 Hectoliter Blut zu Dünger verarbeitet werden. Viele Landwirthe in der Nähe grosser Städte Frankreichs, z. B. bei Dieppe und Lyon, kaufen das Blut aus den Schlachthäusern und besorgen die Eintrocknung selbst. Nur ganz reine Blutdüngerpräparate sind den Landwirthen zu empfehlen, niemals aber jene, die mit Hilfe schnell trocknenden Materials, wie Torf, Sägespäne u. s. w. bereitet werden, weil diese, wenn auch nicht ganz werthlos, doch als Blutdünger zu theuer bezahlt würden. Ganz vorzüglich sind hingegen jene Blutdünger, welche mittelst kali- und phosphorsäurehaltiger Substanzen, wie aufgeschlossenes Knochenmehl, Holzasche u. dgl., bereitet werden.

Blutdünger in fester Form erscheint als dunkelrothbraunes Pulver von nicht unangenehmem Geruch. Unverfälscht soll er in 1000 Pfund enthalten:

Trockensubstanz	900	Pfd.
Hierin: Stickstoff	151 1/2	„
Gesammtmineralstoffe	41	„
Hierin: Kali	2	„
Kalk, Talkerde	3/4	„
Schwefelsäure	2	„
Phosphorsäure	2	„
Kochsalz, Natron, Eisenoxyd, Kieselsäure	34 1/4	„

Wegen der behufs des besseren Eintrocknens meist gegebenen Zu-

sätze weicht die Zusammensetzung der käuflichen Blutdünger sehr von einander ab.

In Frankreich werden grosse Quantitäten erzeugt und in die Colonien versendet, um zur Düngung von Zuckerrohr, Baumwolle und Kaffee verwendet zu werden. In Europa benutzt man den Blutdünger in Mengen zu 10—15 Centner per Hectar mit vorzüglichem Erfolge bei Hopfen, Mais, Bohnen, Erbsen, Rüben, Kartoffeln und Sommergetreide. Er wird wie Guano breitwürfig oder mit der Saat, sehr vortheilhaft auch als Ueberdüngung, angewendet; sehr trockene Witterung muss dabei vermieden werden.

Das Fleisch (Flechsen, Eingeweide u. s. w.) hat eine dem Blute sehr ähnliche Zusammensetzung; man kann annehmen, dass in 1000 Pfund Fleisch enthalten sind:

Gesammtmenge an Trockenstoffen	250	Pfd.
Hierin: Stickstoff	40	„
Gesammtmineralstoffe	15	„
Hierin: Kali	5	„
Phosphorsäure	6 1/2	„
Kalk- und Talkerde	1/2	„
Schwefelsäure	1/2	„
Chlornatrium, Natron, Eisenoxyd, Kieselsäure .	2 1/2	„

Es besitzt also nicht nur wie das Blut einen hohen Stickstoff-, sondern auch einen bedeutenderen Kali- und Phosphorsäure-Gehalt; nichtsdestoweniger scheint das Blut wegen der Leichtlöslichkeit seiner Bestandtheile wirksamer zu sein.

Man bereitet verschiedene Sorten „Fleischdünger“, welche auch eine äusserst verschiedene, mehr oder weniger von der des Fleisches abweichende Zusammensetzung zeigen. Das meiste Material liefert das Pferd mit seinen 250 bis 350 Pfund Fleisch. In der Abdeckerei zu Aubervilliers bei Paris wird das Pferdefleisch in folgender Weise in Dünger verwandelt:

Die in 4 Stücke zertheilten Thiere werden in Kesseln durch Dampf in 5—6 Stunden gekocht, wobei der Erlös für das auf der Brühe oben schwimmende Fett allein schon den grössten Theil der Kosten des Verfahrens deckt. Das hierauf von den Knochen getrennte Fleisch wird in besonderen Behältern getrocknet, wozu die durch die Kesselfeuerung gewonnene Wärme benützt wird, und endlich zu Pulver gemahlen. Etwa 10 Centner dieses Düngers per Hectar sollen in Anwendung kommen.

Schon seit längerer Zeit wurde in der südamerikanischen Provinz Saladeros aus Fleischabfällen ein künstlicher Guano, Saladeroguano, bereitet; in neuerer Zeit kommen auch aus den Fleischextractfabriken in Fray-Bentos grosse Sendungen Fleisch-

mehl. Die älteren Analysen dieses Düngerpräparates ergaben einen Gehalt von

5,98 bis 7,52 Proc. Stickstoff und
12,80 „ 17,92 „ Phosphorsäure.

Die neueren Sendungen enthalten weniger Stickstoff, weil die Fabrik dem Fleischmehl nach und nach mehr Knochenmehl zusetzt. Die Analysen zeigten in den neueren Sendungen

	Minimum	Maximum	Mittel
Stickstoff . . .	4,69	5,36	5,05%
Phosphorsäure . .	16,81	18,75	17,76%
Wasser	8,25	9,69	9,13%

Seit 1874 wird auch häufig der rohe Fray-Bentos-Guano mit Schwefelsäure aufgeschlossen. Er stellt dann ein gelblich braunes, trockenes, gröbliches, aber leicht zerreibliches, stark nach Buttersäure riechendes Pulver dar, das im Mittel enthält:

4 % Stickstoff
10—11 % in Wasser lösliche Phosphorsäure
1½— 2½% in Wasser unlösliche Phosphorsäure

Die Haut, wie deren Umbildungen: Wolle, Horn, Borsten, Federn, Schuppen, Hufe, Klauen, Krallen, Nägel stimmen ungeachtet ihrer so verschiedenen Formen doch in ihrer Zusammensetzung überein und bestehen, wenn vollkommen rein, im Wesentlichen aus Hornsubstanz, deren Stickstoffgehalt zwischen 10—15% schwankt. Die nur wenige Procente betragende Asche besteht meist aus phosphorsauren alkalischen Erden, jene der Federn zum grossen Theil aus Kieselsäure. Aber nicht nur diese thierischen Stoffe selbst, sondern auch alle bei deren Verarbeitung sich ergebenden Abfälle und Nebenproducte sind als sehr werthvolle Düngemittel anzusehen. Solche Abfälle sind: Wolllumpen und Abfälle aus deren Verarbeitung (Mug), Abfälle aus Schafwollspinnereien (Wollstaub, Waschwasser), ferner Abfälle aus Leimsiedereien, Gerbereien (Leimkäse oder Leimkalk, der Rückstand in den Kalkgruben, bestehend aus Haaren und Kalk), endlich auch Abfälle bei der Tucherzeugung (Scheerwolle), wie bei der Verarbeitung von Leder (Lederabfälle aller Art, altes Leder u. s. w.), Horn (Horndrehspäne), beim Ausschmelzen des Talges (Grieben) u. s. w.

Wir lassen die Zusammensetzung dieser theils im Handel vorkommenden, theils von den betreffenden Gewerbtreibenden direct billig beziehbaren Stoffe in nachstehender Tabelle folgen:

Analysen thie

100 Pfund enthalten	Wolllumpen	Wollstaub	Hornmehl	Blutdünger aus der Abdeckerei zu Leipzig nach Wolf	Hofmeier's Blutdünger nach Gohren	Abfälle einer Hasenhaarschneiderei nach Thiel	Fleischmehl aus der Leipziger Abdeckerei nach Wicke
Wasser	10	10	10	14	5 1/2	11	5 3/4
Organische und flüchtige stickstoffhaltige Substanzen	60	70	70	79	91	76	57
Darin Stickstoff . .	10	3 1/2	13	11 3/4		7	6 1/2
Mineralstoffe	20	20	20	7	3 2/3	13	37
Darin Kali . . .	1/3—2/3	1/4	1/3—2/3	3/4	1/10	2/3	1/3
Phosphorsäure	1/2	2	5	1	ca. 1	2—3	ca. 14
Kalk, Eisenoxyd, Bittererde, Natron u. anderweitige Stoffe . . .	9	1	9	3 1/4	1 2/3	10	20 2/3
Sand, Thonerde u. s. w.	20	16 1/2	5 1/2	2	2/3	—	2

Zu diesen Abfällen sei noch folgendes bemerkt:

Wolllumpen sind ein sehr geschätztes Düngemittel, das jedoch nur im möglichst zerkleinerten Zustande zur Anwendung kommen darf. In Frankreich, wo meist Olivenbäume damit gedüngt werden, sahen wir sie zu 30—60 Ctr. per Hectar anwenden, welche Menge zufolge der langsamen Zersetzung auf drei Jahre reichen soll, wogegen in England zur Hopfendüngung per Hectar nur etwa 16—30 Centner angewendet werden. Dass Wolllumpen übrigens zum Düngen bei allen Culturpflanzen mit Vortheil benützbar sind, sieht man in der Nähe von Curtrai in Belgien, wo nicht nur Wolllumpen, sondern auch Wollstaub aus den Schafwollspinnereien mit entschiedenem Vortheil als Dünger für Rüben verwendet wird. Ueberhaupt ist Wollstaub schon seiner Feinheit wegen leichter verwendbar, als Wolllumpen, die sich nur sehr schwierig gleichmässig vertheilen, daher eine nur ungleichmässige Vegetation bewirken; überdies zersetzen sie sich nur sehr langsam, namentlich bei trockenem Wetter. Ihre Anwendung im natürlichen Zustande ist demnach nur dort anzurathen, wo man nicht über die Mittel verfügen kann, sie ohne erhebliche Kosten in die erforderliche Beschaffenheit zu versetzen. Letztere ist dort, wo man Dampf benützen kann, am vollkommensten durch Kochen bei einem Dampfdruck

rischer Abfälle.

Maikäfer (frisch)	Häringslacke	Abfälle aus Leimsiedereien nach Nessler: Leimkalk	Mischung von Haaren, Knochen und Knorpel	Auflösung von phosphors. Kalk in Salzsäure	Leimdünger nach Krocker	Abfälle aus Gerbereien nach Philippar: Frische Rückstände nach d. Enthaarung *a*	Frisches Abschabsel *b*	Mischung von *a* und *b* frisch	Mischung von *a* und *b* nach dreimonatl. Gährung
60	70	—	—		4,10	71,316	79,608	75,462	51,175
25	3	—	—		38,9	23,108	17,340	20,580	18,544
3	½	1,2—2,2	4,25—11		2,10	6,991	6,965	6,978	2,081
15	26½	—	—		57,00	5,576	3,052	3,958	30,281
⅓	⅓—⅔	—	—		0,317	—	—	—	—
—	½	1,4—2,0	1,4—2,8	2,5	0,959	—	—	—	—
—	25⅔	—	—		—	—	—	—	—
—	—	—	—		12,197	—	—	—	—

von 2—5 Atmosphären zu erreichen, wodurch sie so mürbe werden, dass sie sich zum feinsten Pulver zerreiben lassen. Auch durch Kochen mit schwefelsäurehaltigem Wasser oder Einlegen in Kalkbrei können die Wolllumpen mürbe, zerreibbar und schneller wirkend gemacht werden. Das Wollwaschwasser liefert, in flüssigem Zustande verwendet, die glänzendsten Erfolge, namentlich auf Wiesen und bei Gemüse.

Die Rindshaare, wie man sie als Abfall aus den Gerbereien erhält, sind ein schnellwirkendes, sehr gutes Düngemittel, welches alle Beachtung verdient. Bei Trier z. B. wendet man sie mit bestem Erfolge zum Düngen der Gemüsefelder an.

Federn verwendet man vorzüglich bei der Hanfcultur in der Romagna, in England und lange Zeit schon im Elsass, indem man sie zu 36—48 Hectoliter per Hectar in die Furche bringt.

Ein sehr kräftiges Düngemittel ferner sind die beim Ausschmelzen des Talges entstehenden Grieben; man wendet sie zu 12 bis 20 Centner per Hectar an. Gleiches gilt für die Abfälle bei der Leimerzeugung; ihre Wirkung ist aber nur eine einjährige, wogegen die Grieben nachhaltiger wirken.

Um die äusserst langsam verwesenden Hörner, Klauen, Krallen, Hufe, Horndrehspäne, Schweinborsten, altes Leder und

derartige Thiersubstanzen, ja selbst ganze Cadaver leichter zersetzbar zu machen, werden sie derselben Behandlung, wie die Wolllumpen, unterzogen. Im gemahlenen Zustande kommen sie dann als Leder-, Horn- und Borstenmehl in Verkauf.*)

Maikäfer und andere kleine Thiere lässt man trocknen und pulvert sie dann; 30 bis 40 Ctr. per Hectar kann man als genügende Düngung ansehen.

Man verwendet sie jedoch am besten in Form von Compost. Dasselbe gilt auch von allen früher erwähnten Abfällen.

6. Frische Pflanzen (Gründüngung).

Bei Anwendung frischer Pflanzen zur Düngung können zweierlei Fälle eintreten: entweder sind die Pflanzen auf dem Felde, das sie düngen sollen, gewachsen, oder sie stammen von anderswo her. Nur im letzteren Falle wird das Feld sowohl an organischen, wie an mineralischen Nährstoffen bereichert.

Dem Landwirthe steht häufig Pflanzenmaterial zu Gebote, das er mit geringen Kosten sammeln und mit dem er sein Feld düngen kann, z. B. alle Arten Unkräuter, Heidekräuter, Farrenkräuter, Ginster, Besenpfriemen, Schilf, Binsen, Seegewächse (Algen, Tange), Pilze, Schwämme, Blätter u. s. w.

Man bringt diese Stoffe in frischem Zustande am besten auf bindigen Boden und ackert sie ein; und zwar bei Pilzen, Schwämmen und Seegewächsen (welch' letztere sich durch bedeutenden Alkali- und Stickstoffgehalt vor den Landpflanzen auszeichnen) ihrer raschen Zersetzung wegen sofort. Tang verwendet man an den Seeküsten meist als Lein- und Gerstedünger. Alle diese Pflanzen gewähren übrigens keine nachhaltige Wirkung.

Bei der eigentlichen Gründüngung, welche im Bewachsenlassen eines Feldes mit Pflanzen und deren Einackerung im grünen Zustande besteht, ist das Verfahren ein anderes. Da das natürliche Bewachsen zu sehr von Zufällen abhängt, so besäet man behufs der Gründüngung den Boden eigens mit den entsprechenden Pflanzen. Wo es die Verhältnisse zulassen, erfolgt diese Saat als zweite Frucht unmittelbar nach der ersten Ernte; ist dies aber nicht thunlich, so baut man die zur Gründüngung bestimmte Saat

*) Ein Centner von Fischbeinabfällen kostet in Prag etwa 5 fl., ein Centner der Abfälle von Horn- und Beindrehern hingegen 7 fl.

in die Brache. Die dazu gewählten Pflanzen müssen eine möglichst grosse Masse an Wurzeln, Stängeln und Blättern liefern und dabei weniger dem Boden, als der Luft Stoffe entziehen. Je grössere Massen die Pflanze bildet, desto ergiebiger wird nach dem Unterpflügen unter sonst gleichen Verhältnissen ihre Wirkung sein. Diesen Bedingungen entspricht in wärmeren Gegenden am besten die Lupine, in kälteren: Wicken, Erbsen, Rübsen, Spergel, Buchweizen u. s. w.

Durch die Gründüngung erhält zwar der Acker keine directe Bereicherung an mineralischen Nährstoffen, letztere werden ihm aber in einer von den Pflanzen rasch aufnehmbaren Form zurückgegeben. Gründüngungspflanzen mit sehr tiefgehenden Wurzeln bereichern dadurch den Boden, dass sie mineralische Nährstoffe zum Theile aus tieferen Erdschichten hervorholen und in den oberen Erdschichten ablagern. Da übrigens, wenn der Anbau von Gründüngungspflanzen lohnen soll, ein schon an Nährstoffen überhaupt nicht zu armer Boden Bedingung ist, so leuchtet ein, dass eine Normaldüngung durch die Gründüngung nicht ersetzt werden kann. Wohl aber kann die Gründüngung, wenn richtig angewendet, in sehr vielen Fällen vom besten Erfolge begleitet sein.

In der Rheinpfalz z. B. wird nach Winterweizen sehr oft eine Wickensaat vorgenommen, im Spätherbst untergepflügt, und im folgenden Sommer eine treffliche Gerste darnach erzielt. Ebenso zeigt sich ein günstiger Erfolg durch das Einackern des letzten Klee's, der Getreidestoppeln, der Blätter von Rübenpflanzen und des Krautes der Kartoffeln, ferner durch die tiefgehenden, im Boden bleibenden Wurzeln von Klee, Luzerne, Esparsette. Die Rückstände lebender Pflanzen sind nach Menge und Art wirksamer als die der abgestorbenen. Die Menge von Rückständen, welche sich überhaupt nach Ernten ergeben, ist keine zu unterschätzende.

Die meisten und sehr werthvolle Rückstände geben die Rüben, indess zersetzen sich ihre Blätter langsamer, als die ihrem Werthe nach zunächst stehenden Kleewurzeln, welche ihrer schnellen Zersetzung wegen jedenfalls den Vorzug verdienen.

(Siehe Tabelle S. 428).

7. Oelkuchen und andere als Abfälle sich ergebende Pflanzensubstanzen.

Oelkuchen sind die Rückstände ausgepresster Oelfrüchte. In den meisten Fällen dürfte es rationeller sein, dieselben zu verfüttern, nicht aber sie zum Düngen zu verwenden; unter Umständen

Nach Weiske verbleiben auf einem preussischen Morgen (25 Ar. 53 Quadratmeter) Stoppel- und Wurzelrückstände.

	Roggen	Gerste	Hafer	Weizen	Rothklee	Luzerne	Esparsette	Wundklee	Serradella	Buchweizen	Erbse	Lupine	Raps
	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
Stoppel- und Wurzelrückstände . .	3019	1142	2167	1994	5116	5544	3401	2870	1795	1259	1848	2027	2557
Organische Substanz	2074	924	1339	1369	4015	4856	2814	2311	1482	992	1463	1711	2200
Stickstoff	37,56	13,20	15,36	13,56	110,04	78,24	70,80	58,68	37,20	27,48	32,52	35,76	34,92
Mineralstoffe	945	218	828	626	1101	688	587	559	313	267	385	316	357
Kalk	42,1	24,3	49,2	44,1	150,2	112,8	67,2	78,1	45,9	46,0	41,3	46,2	71,0
Magnesia	8,3	3,2	7,0	5,9	28,3	14,0	18,2	10,3	7,8	4,2	6,4	7,0	7,5
Kali	18,0	5,6	14,3	10,6	46,9	21,1	24,5	14,9	5,1	5,3	6,5	9,8	27,1
Natron	24,3	2,0	10,4	6,5	11,5	15,5	8,0	3,4	2,8	2,5	4,1	2,1	12,1
Schwefelsäure	7,0	3,2	5,1	4,3	14,9	10,7	11,9	7,8	5,3	3,9	5,5	4,1	17,9
Phosphorsäure	14,6	6,9	17,3	6,8	43,0	22,6	17,1	13,9	10,6	6,3	8,6	8,0	18,4

kann aber auch letzteres sich als rentabel erweisen. Die Zusammensetzung der verschiedenen Oelkuchen ist folgende:

	Baumwollsamenkuchen	Bucheckerkuchen	Erdnusskuchen	Hanfkuchen	Kokoskuchen	Kurbiskernkuchen	Leindotterkuchen	Leinkuchen	Madiakuchen	Maiskeimkuchen	Mohnkuchen	Nusskuchen	Olivenkuchen	Palmkuchen	Rapskuchen	Sesamkuchen	Sonnenblumenkuchen
Wasser	10,0	11,7	7,8	13,0	11,6	12,0	15,0	11,5	11,2	10,1	9,8	13,7	12,4	8,5	15,0	11,5	10,0
Trockensubstanz . . .	90,00	88,30	92,20	87,0	88,4	88,0	85,0	88,5	88,8	89,9	90,2	86,3	87,6	91,5	85,0	88,5	90,0
Darin: Organ. Stoffe*)	84,0	83,49	87,20	79,0	82,1	79,9	78,1	82,7	82,1	82,7	88,5	81,0	82,8	88,6	79,6	76,7	79,4
mit Stickstoff . .	3,7	3,7	4,6	4,7	3,7	8,9	4,5	4,5	5,0	2,4	5,2	5,5	1,6	2,6	4,5	5,5	5,5
Mineralstoffe	6,0	4,81	5,0	8,0	6,3	8,1	6,9	5,8	6,7	7,2	8,7	5,3	4,8	2,9	6,4	11,8	10,6
mit Alkalien . . .	1,65	1,23	—	—	2,68	—	—	1,50	—	—	0,51	1,77	—	0,57	1,67	—	—
Phosphorsäure . . .	3,17	1,08	—	1,35	1,69	—	1,8	1,85	2,45	—	3,58	2,34	—	1,22	2,56	—	1,76

*) Der Gehalt an Oel beträgt im Mittel 60 Pfd. — steigt aber auch bis über 100 Pfd. in 1000 Pfd. Kuchen.

Die Oelkuchen zeichnen sich demnach durch hohen Stickstoff-, Kali- und Phosphorsäuregehalt aus. Der ziemlich bedeutende Oelgehalt trägt zum Düngerwerthe nicht nur nichts bei, sondern scheint, wenn mit Oelkuchenmehl unmittelbar zur Saat gedüngt wird, auf diese sogar schädlich zu wirken. Die Zersetzung des Mehles erfolgt, wenn auch durch den Oelgehalt etwas verlangsamt, im Allgemeinen doch rasch; Oelkuchen gehören also zu den schnellwirkenden Düngern; auf eine Nachwirkung im dritten Jahre ist wohl kaum mehr zu rechnen.

Vor ihrer Anwendung werden die Oelkuchen in Mehl verwandelt, welches einige Tage vor der Saat mit der Hand oder mit Maschinen auf das Feld möglichst gleichmässig gestreut wird. Zu Winterölfrüchten und Wintergetreide pflegt man das Mehl in die Wendefurche oder auch nur in die Saatfurche zu bringen. Bei Getreide benützt man es als Kopfdünger und als Furchendünger im Frühjahre bei Mais.

Eine andere Art der Anwendung ist die in Belgien hie und da übliche. Man wirft die Oelkuchen ganz wie sie sind, in die Jauchengruben und bringt sie in völlig erweichtem Zustande dann mit der Jauche auf's Feld. Sie zersetzen sich in dieser Form am raschesten und gelangen noch in demselben Jahre zur vollen Wirkung; auf eine Nachwirkung ist dabei natürlich nicht zu rechnen.

Zuweilen versetzt man das Oelkuchenmehl, um seine Wirkung zu erhöhen, zu $^1/_4$ bis $^1/_3$ mit Guano; dieses Gemenge ist besonders für Sommerfrucht geeignet. In England mischt man das Oelkuchenmehl auch vielfach mit Stalldünger; überhaupt ist es zweckmässig, zuerst eine halbe Düngung mit Stalldünger und dann etwa 10 Ctr. Oelkuchenmehl per Hectar als Nachdüngung zu geben.

Leichte Bodenarten, dabei feuchtes und nicht zu kaltes Klima sind für Oelkuchendüngung am geeignetsten, doch haben Versuche zu Tharand nachgewiesen, dass sie selbst in schwersten Bodenarten ganz zufriedenstellend wirkt, wenn nur während der ersten Vegetationsperiode keine zu trockene Witterung fällt, welche ebenso wie ein zu nasser Boden nachtheilig für dieses Düngemittel ist. Schwere Bodenarten verlangen wegen der in denselben erfolgenden langsamen Zersetzung überhaupt eine stärkere Düngung, und ist dabei noch ein Kalkzusatz von 10—15% jedenfalls anzuempfehlen.

Man rechnet im Allgemeinen 30—40 Centner Oelkuchenmehl per Hectar als ganze Düngung, doch scheinen 45 Centner für Rüben und Weizen das Maximum zu sein.

Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die Oelkuchendüngung allen Fruchtgattungen, aber vorzüglich den Oelfrüchten zusagt.

Analysen verschiedener vegetabilischer Abfälle.

100 Theile enthalten	Apfelpulpe	Bierträber	Malzkeime	Weintreber	Flüssige Weinhefe	Wachholderbeeren-Rückstände	Diffusionsschnitzel	Kartoffelfaser	Kartoffelschalen	Rübenpresslinge frisch	Schleuderrückstände	Träber von der Weizenstärkefabrication
Wasser	67,4	76,7	10,8	50,0	79,0	20,0	89,8	82,5	30,0	70,3	84,0	72,1
Trockensubstanz	32,6	23,3	89,2	50,0	21,0	80,0	10,2	17,5	70,0	29,7	16,0	27,9
Darin organische Stoffe . .	29,0	22,1	82,5	48,4	—	76,5	9,6	—	65,3	28,6	14,8	27,2
mit Stickstoff	0,5	0,8	3,8	1,1	0,76	0,6	0,1	0,1	—	0,3	0,1	1,0
Mineralstoffe	3,6	1,2	6,7	1,6	—	3,5	0,6	0,12	4,7	1,1	1,2	0,7
mit Alkalien	—	0,05	2,1	0,87	3,2	0,4	0,08	0,01	3,41	0,45	0,31	—
Phosphorsäure	—	0,45	1,9	0,25	0,29	0,4	0,04	0,02	0,16	0,12	0,07	—

Ein anderer pflanzlicher Abfall sind die den Oelkuchen sehr ähnlich zusammengesetzten Malzkeime.

Ihre Eigenschaften reihen sie unter die am raschesten, aber nicht nachhaltig wirkenden Düngemittel. Leider sind sie meist nur in geringer Menge zu bekommen und werden dann vortheilhafter als Futtermittel benützt. Recht verwendbar sind sie zum Ueberdüngen junger Saat, auf Wiesen und Obstgärten; auch liefern sie einen trefflichen Dünger für die Topfcultur.

Der Vollständigkeit wegen seien noch genannt: Malzkehricht, Weintrester, Apfelpresslinge, Streu, Kleien und die Abfälle bei der Erzeugung von Bier und Branntwein, des Zuckers und des Stärkemehls u. s. w., obwohl dieselben wegen ihres hohen Futterwerthes fast ausschliesslich zur Fütterung benützt werden und nur ausnahmsweise auf den Dünger- oder Composthaufen kommen.

(Man vergl. die Tabelle auf S. 431.)

8. Der Torf.

Der Torf ist eine lockere, braun gefärbte leichte Masse, die aus in verschiedenen Graden der Zersetzung befindlichen Pflanzenresten besteht. Auf seine verschiedene Beschaffenheit deuten schon die Benennungen seiner Arten, als: Rasentorf, Moortorf, Pechtorf, Moostorf u. s. w. hin. Seine chemische Zusammensetzung ist demgemäss eine sehr verschiedene. Der Landwirth kann dem Torfe einen um so höheren Werth beilegen, je mehr er aus Pflanzenresten besteht, und je weniger beigemengte Erde er enthält.

Unstreitig vermehrt eine Torfdüngung die Menge der organischen Substanzen, wie der mineralischen Nährstoffe im Boden bedeutend und wirkt verbessernd auf nachtheilige physikalische Eigenschaften des Bodens, indem dadurch schwerer Thonboden bedeutend aufgelockert und trockener sandiger Boden feucht erhalten wird. Besonders berücksichtigungswerth ist der hohe Stickstoffgehalt des Torfes. Wie günstig die Anwendung von Torf wirken kann, zeigt die fürstl. Fürstenberg'sche Domäne Woleschna in Böhmen, welche fast durchgehends aus Sandboden besteht, aber auch ein Torflager besitzt. Seitdem man den getrockneten Torf auf die Felder führen lässt, ist deren Vegetation und Productionskraft eine sichtlich gehobene.

Will man den Torf als Düngemittel benützen, so muss man ihn im Herbste ausheben und über Winter, mit Kalk oder Holzasche gemengt, liegen lassen, um theils die Zersetzung der organischen Stoffe zu befördern, theils dem möglichen Nachtheil vorzu-

beugen, der entstehen würde, wenn der Torf zu viel lösliche Eisenoxydulsalze oder etwa freie Verwesungsäuren enthielte.

Zum Düngen oder zum Bereiten von Composthaufen eignet sich der schwarze feinkörnige, wenig faserige Torf am besten. Zum Einstreuen in Stallungen ist der mehr faserige Torf geeigneter. Bei Anwendung des letzteren muss aber für eine gute Vertheilung des Materiales gesorgt werden, was am besten durch Gefrierenlassen des ausgeworfenen Torfes gelingt.

Die dem Torfe nahestehende Moorerde ist ein vorzügliches Düngematerial. Nach Peters enthielt z. B. eine solche aus dem Oderbruche stammende:

Organische verbrennliche Substanz	87,43 Proc.
Aschenbestandtheile	12,57 „
	100 Proc.
Die organische Substanz enthielt:	
Stickstoff	2,52 Proc.
Die Asche enthielt:	
Kali	0,012 „
Natron	0,010 „
Kalk	4,140 „
Magnesia	0,068 „
Phosphorsäure	0,238 „
Schwefelsäure	0,442 „
Sand, Eisenoxyd u. s. w. . . .	7,660 „
	12,570 Proc.

9. Erde (Schlamm, Thon, Koth u. s. w.) als Dünger.

Auch Erde kann zur Düngung verwendet werden, wenn sie werthvolle Nährstoffe in berücksichtigenswerthen Mengen enthält. Namentlich ist sie in der Form von Schlamm (Schlick, Tres) oft von grossem Werthe. Der Schlamm lagert zu Tausenden von Centnern in den Betten der Bäche, Flüsse, Teiche u. s. w. und enthält oft sehr beachtenswerthe Quantitäten wichtiger Nährstoffe in für die Aufnahme sehr günstigen Verbindungen. Der Gehalt an Nährstoffen und also auch der Werth des Schlammes ist aber je nach seiner Entstehungsweise ein äusserst verschiedener. Schlamm bildet sich theils durch Absetzung von Stoffen, welche im Wasser mechanisch vertheilt waren, theils auch durch Unlöslichwerden von gelöst gewesenen Substanzen, welche sämmtlich nach Art, Menge und Werth

100,00 Theile enthalten	Elbeschlamm aus dem Hafen von Lobositz nach Breitenlohner	Schlamm aus dem Y nach Gunning	Schlamm aus der Maas (Rotterdam)	Schlamm aus der Waal (Nijmegen)	Schlamm aus der Yssel (Deventer)	Seethon (Ameland)	Schlamm aus der Ocker	Seeschlick aus dem Hafen von Norden	Schlamm aus der Trossel	Schlamm aus der Wiedau	Teichschlamm
			nach Adriaansz				n. Kreusler		nach Henneberg		
Wasser	?	?	0	0	0	0	3,20	0	0	0	?
Organische Substanz	3,96	10,5—15,5	16,39	9,28	7,86	11,95	5,77	10,28	10,7	13,5	45,64
Darin: Stickstoff	0,26	0,3—0,4	0,62	?	0,20	?	0,36	0,33	0,28	0,30	9,86
Mineralstoffe	—	—	83,61	90,72	92,14	88,05	91,02	89,72	89,3	86,5	54,36
Darin: Kali	0,66	—	0,49	1,02	0,57	0,26	0,05	0,30	0,04	0,06	0,42
Kalk- und Talkerde	1,9	—	11,88	7,62	3,93	7,29	2,43	9,13	0,17	0,06	1,56
Phosphorsäure	Spuren	—	0,20	0,17	0,21	0,14	0,19	0,21	0,03	0,07	0,29
Schwefelsäure	0,09	—	0,24	0,12	0,37	0,95	—	0,27	—	—	—
Thon, Sand u. s. w.	79,14	—	58,26	69,37	81,34	63,42	—	—	—	—	—

100,00 Theile enthalten	Schlamm aus der Talfer	Eisackschlamm	Rheinschlamm nach Schulze	Scheldeschlick nach Zöller	Teichschlamm aus Böhmen nach Hoffmann	Nilschlamm von Kairo nach Johnson	Schlammabsatz aus den Wässern einer Zuckerfabrik nach Grouven	Absatz aus den Schlammfängen einer Zuckerfabrik nach Breitenlohner	Absatz aus den Schlammfängen einer Zuckerfabrik nach Becker	Schlamm aus einer Traubenzuckerfabrik nach Muth
	nach Kurmann									
Wasser	1,67—7,19	0,83—2,00	1,68—2,66	5,0	5,0	5,0	5,0	0	2,76—3,54	0
Organische Substanz	4,53—5,36	6,42	1,39—2,86	3,8	4,0	5,2	6,3	9,35	7,95—9,38	26,31
Darin: Stickstoff	?	?	—	0,5	0,1	0,1—0,2	0,3	0,37	0,31—0,37	0,39
Mineralstoffe	—	—	—	91,2	91,0	89,8	88,7	90,65	—	—
Darin: Kali	5,27—5,55	6,18	0,19—0,43	0,6	0,1	1,1	0,9	0,79	0,05—0,09	—
Kalk- und Talkerde	2,11—2,72	8,63	15,97—17,57	3,8	0,1	7,6	2,0	8,58	1,34—1,54	66,34
Phosphorsäure	0,19	0,10—0,18	0,08—0,13	0,2	Spur	—	2,8	0,34	0,42—0,68	4,5
Schwefelsäure	—	—	—	Spur	0,5	0,1	1,2	0,33	0,04—0,21	—
Thon, Sand u. s. w.	—	—	—	86,4	90,0	80,9	81,6	—	—	—

ganz verschieden sein können. Berücksichtigt man aber, dass den Werth und die Menge der vom Wasser gelösten und aufgeschlemmten Stoffe eben nur die Bodenarten und Culturverhältnisse der Gegend bedingen, durch die das Wasser fliesst, so wird man oft genügende Aufschlüsse über den Düngerwerth eines Schlammes erhalten. So wird Schlamm aus Teichen, welchen das Wasser aus fruchtbaren Fluren zufliesst, viel werthvoller sein, als ein solches aus Teichen in unfruchtbaren sandigen Gegenden. Mitunter kann der Schlamm aus Teichen noch durch Nebenumstände einen besonderen Werth gewinnen, z. B. wenn in den betreffenden Teich Abflüsse von industriellen Etablissements münden; fast immer enthalten diese noch nützliche, als Düngemittel verwendbare Stoffe, deren Auffangen in besonderen Schlammfängen sich reichlich lohnt.

Die Uebersicht der Zusammensetzung einiger Schlammproben wird das Gesagte bestätigen. (Siehe Tabelle S. 434 u. 435.)

Wicke fand in den Schlammabsätzen einiger Flüsse Hannovers folgende Kali- und Phosphorsäuremengen:

	Leine-schlamm	Rhume-schlamm	Innerste-schlamm	Weser-schlamm	Aller-schlamm	
Kali	0,30	0,24	0,19	0,35	0,40	Proc.
Phosphorsäure .	0,22	0,08	0,12	0,03	0,07	„

Der Kalkgehalt dieser Schlammproben schwankte zwischen 0,45 und 2,68 Proc.

Schlamm darf nie im frischen Zustande verwendet, sondern muss, aus denselben Gründen, wie der Torf, längere Zeit, am besten mit Kalk gemengt unter zeitweisem Umstechen, in Haufen liegen gelassen werden. Frisch verwendet, würde er sehr schwer zu zerkrümelnde Schollen auf dem Acker bilden; abgelegen und vollkommen ausgetrocknet aufs Feld gebracht, kann man ihn aber mittelst schwacher Einackerung sogleich unterbringen.

Zu den Erden, die zur Düngung benützbar sind, zählt auch der Thon in gebranntem Zustande für schwere Bodenarten; ferner Erde von den Anwänden der Felder, Plaggen, Walderde, Erde aus den Fang- oder Senkgruben, Strassenkoth, Strassenstaub u. s. w.

Ueber den Werth der beiden letzteren als Düngemittel entscheidet das zur Schotterung verwendete Gestein. Enthält es werthvolle Nährstoffe, dann ist auch der daraus entstandene Staub und Koth stets zu beachten. So fanden wir in einem Strassenkoth, der aus basaltischem Gestein als Schotter entstanden war, 5% Alkalien, in einem anderen, aus Kalkstein entstandenen, 50% kohlensauren Kalk.

Ob aber die Düngung mit solchen Erden immer eine lohnende sein werde, ist eine andere Frage, deren Lösung zu sehr von

localen Verhältnissen und dem zu erreichenden Zwecke abhängig ist, und die sich daher im Allgemeinen gar nicht beantworten lässt.

Einige Analysen von Strassenschlamm seien noch angeführt:

100,00 Theile enthalten	Strassenabraum aus Basaltschotter mit Pferdeexcrementen untermischt nach Breitenlohner	Basaltischer Chausséestaub nach Vogt	Strassenschlamm aus Granitschotter nach Peters
Wasser	—	8,14	—
Organische Substanz . . .	1,86	3,45	11,66
Darin: Stickstoff	0,24	0,059	0,4
Mineralstoffe	—	—	—
Darin: Kali	0,59	1,00	0,1
Phosphorsäure	0,02	0,08	0,2
Schwefelsäure	0,07	—	—
Kalk- und Talkerde . . .	2,81	5,85	—

10. Das Wasser als Düngemittel (Wiesenbewässerung).*)

Das Wasser wird bei uns nur auf Wiesen zum Düngen benützt, denn die Bewässerung von Ackerland, so wünschenswerth dieselbe auch für unsere Landwirthe wäre, ist im Grossen bisher nur in solchen Ländern möglich, welche die Natur mit den hierzu erforderlichen Bedingungen ausstattete, wie Egypten, China, Japan, Oberitalien, wo das Vorhandensein grosser Ströme und zahlreicher Flüsse bei völlig ebenem Boden die Anlage von fast das ganze Land umfassenden Kanalnetzen ermöglicht.

Ein bekannter Beleg für die günstige Wirkung der Düngung durch Wasser sind die überaus befruchtenden Nilüberschwemmungen, und ähnlich staunenswerthe Wirkungen findet man bei der Wiesenbewässerung Hollands und Belgiens, sowie bei den Reisfeldern Oberitaliens. Dabei führt der Nil nicht etwa Kloakenstoffe wie die Themse, nicht Ausflüsse von Düngerstätten oder feine Erde

*) Zu eingehenderen Informationen sei das Werk: Fr. W. Toussaint, die Bodencultur und das Wasser, ein hydrotechnischer Leitfaden für Land- und Volkswirthe. Breslau 1872. bestens empfohlen.

anderer Felder mit sich, er führt eben nur Schlamm und Grus aus den Hochgebirgen Innerafrikas und düngt gleich kräftig nun schon seit Tausenden von Jahren.

Auch an unseren heimathlichen Flusswiesen sehen wir die vorzüglichen düngenden Wirkungen des Wassers. Nicht allein führt es den Pflanzen die Nährstoffe aus nächster Nähe und weiter entfernten Gegenden, vom Ursprung der Quellen und von Nebenflüssen, in gelöstem und suspendirtem Zustande zu, sondern es liefert auch die zur Verdunstung und als Vegetationswasser nöthigen Wassermengen. In dem Zustande, wie es zur Bewässerung dient, ist das Wasser nicht chemisch rein, sondern es enthält gelöste, aufgeschlemmte und gasförmige Stoffe in variirenden Mengen. Sind diese Stoffe an sich auch noch so gering, so werden sie doch durch das stete Zuströmen endlich in sehr bedeutendem Maasse dem Boden einverleibt. Nach Vincent werden aus Hinterpommern (400 Quadratmeilen) durch Bäche und Flüsse per Jahr gegen 20 Millionen Centner Pflanzennährstoffe fortgeführt, die durch Benützung des Wassers zur Berieselung der Landwirthschaft zugeführt werden könnten. (Siehe Seite 19.) Aber abgesehen von der ungemeinen Bereicherung des Bodens an festen Nährstoffen, ist die Zufuhr von Kohlensäure und Sauerstoff, die das Wasser absorbirt enthält*), bei der Bewässerung sehr beachtenswerth.

Th. J. Herapath hat die Wirkung der Bewässerung durch vergleichende chemische Analyse des Bodens, des Wassers und des Schlammes, welcher zurückbleibt, dargelegt. — Die nachstehende Tabelle 1 enthält die Zusammensetzung des Wassers (per Gallone) vom Trentfluss, und zwar Nr. I. in dem Zustand, wie es auf das Feld gelangt, Nr. II. wie es von dem Feld nach beendigter Operation abfliesst. Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung des trockenen aus dem Wasser Nr. I. abfiltrirten Schlammes.**)

---

*) Nach Bunsen absorbirt ein Kubikmeter (1000 Liter) reines Wasser

	bei + 4° C. Liter	+ 20° C. Liter
Stickstoff	18	14
Wasserstoff	19	19
Sauerstoff	37	28
Atmosphärische Luft	22,4	17
Kohlensäure	1512,6	901
Ammoniak	941900	654000

**) Man vergleiche auch die treffliche Arbeit von Michaelis und König in den landw. Jahrbüchern von Nathusius und Thiel 1877. Bd. 6. Heft 2., welche noch anderweitige Literaturangaben enthält.

1.

		Grains in der Gallone (4500 CC.)	
		I	II
Löslicher Theil	Chlorcalcium	Spur	0,499
	Chlormagnesium	0,592	
	Chlornatrium	3,760	4,002
	Chlorkalium	0,096	0,107
	Salpetersaure Magnesia und Kalk	Spur	Spur
	Magnesia und Kalk an organische Säuren gebunden	1,840	2,001
	Organische Stoffe	0,202	0,261
	Schwefelsaure Magnesia	0,848	0,712
	„ Natron	1,680	1,321
Unlöslicher Theil	Kohlensaurer Kalk	8,240	7,961
	„ Magnesia	1,840	1,550
	Schwefelsaurer Kalk	0,304	0,240
	Eisenoxyd*)	1,728	2,990
	Thonerde*)	1,328	
	Phosphorsaures Eisenoxyd*)	Spur	Spur
	Organische Substanz	0,320	0,411
	Kieselerde*)	1,200	2,206
	Sehr fein zertheilte Sandtheile*)	1,920	
	Summe der Bestandtheile in filtrirtem Wasser	25,898	24,261
	Schlammgehalt	233,38	23,72

2.

Organische Substanz	7,00	Eisenoxyd	4,46
Schwefelsaurer Kalk	Spur	Manganoxyd	Spur
Kohlens. Magnesia	1,52	Thonerde	4,49
„ Kalk	9,77	Phosphors. Eisenoxyd	0,09
Kali und Natron	0,08	Kieselerde, Sand	68,78
Magnesia	2,68		
Kalk	0,90		

Ein so treffliches Düngungs- und Verbesserungsmittel die Bewässerung für die Wiesen auch ist, so muss sie dennoch mit Vorsicht geleitet werden, denn unter Umständen kann sie auch ungünstig wirken. Schädlich z. B. ist Wasser, das zu viel Eisenverbindungen, Kochsalz und namentlich doppelt kohlensauren Kalk gelöst enthält. Letzterer schlägt sich als unlöslicher einfach kohlensaurer Kalk auf die sich entwickelnden Pflanzen nieder, stört sie im Wachsthum und ertheilt ihnen nebstdem eine dem Vieh widerliche, oft sogar schädliche Beschaffenheit. Wenn ferner ein etwas getrübtes

*) Die mit * bezeichneten Stoffe sind so fein zertheilt, dass sie mit durch das Filter gehen.

Wasser meist eine sehr günstige Wirkung äussert, so ist hingegen schlammiges Wasser zu vermeiden, da verschlämmtes Heu als Futter für das Vieh schädlich ist. Aber auch das seinen Bestandtheilen nach beste Wasser ist den Wiesen entschieden nachtheilig, wenn seine Temperatur eine zu niedrige, etwa unter 10^0 R. ist, wie beim Schneewasser, ferner wenn dasselbe während der Tageshitze zur Bewässerung dient.

Die anzuwendenden Wassermengen schwanken natürlich je nach der Natur des Bodens und Wassers, nach dem Klima, der Jahreszeit und der Art der Bewässerung.*) Die praktische Ausführung der Bewässerung bildet einen Theil der Ingenieurwissenschaft. Hier sei nur angedeutet, dass vorzüglich drei Systeme der Bewässerung in Anwendung kommen: Ueberrieselung (Hangbau, Rückenbau), Ueberstauung und Anstauung des Wassers in Gräben.

Die Bewässerung ist der Gegensatz der Trockenlegung des Bodens, beide aber bezwecken, den Boden in dem entsprechenden Feuchtigkeitszustande zu erhalten. Wo Wassermangel herrscht, kann durch Bewässerung, wo Wasser im Uebermaass enthalten ist, durch Entwässerung abgeholfen werden. Das Wasser wird in der Gewalt des Landwirthes zum überall belebenden Elemente.

Die Bewässerung ist einer der wichtigsten Factoren der Landwirthschaft. Steht dem Landwirth Wasser zu Gebote, so ist er bei seinen Pflanzenculturen viel weniger vom Zufalle oder dem Gange der Witterung abhängig, und gewiss hat das Wasser in der Landwirthschaft eine viel grössere volkswirthschaftliche Bedeutung, als bei der Industrie, welche die Wasserkraft mehr und mehr durch Dampfkraft ersetzt. Wunderbar und bedauerlich ist es daher auch, dass man in vielen Ländern erst jetzt Wasserrechtsgesetze, die der Landescultur ihr Recht einräumen, zu geben beginnt.

11. Flüssiger Dünger.

Als flüssigen Dünger haben wir bereits die Jauche und den Kloakeninhalt kennen gelernt. An diese wäre noch anzureihen: Blut und verschiedene als Abfälle benützbare Flüssigkeiten, z. B. Wasser aus den Flachs- und Hanfröstgruben, den Leimsiedereien, Papierfabriken, Streichgarnspinnereien, Spülwasser, Waschlauge der häuslichen Wäsche, Abflüsse beim Ausschmelzen des Talges, beim Reinigen der Schafwolle, Häringslacke, Seifensiederlauge u. s. w.

*) In der Lombardei und in Piemont rechnet man für gewöhnliche Wiesen 1—1,4 Liter Wasser per Hectar und Secunde, während Vincent die bedeutende Menge von 120 Liter per Secunde und Hectar verlangt.

Am meisten Berücksichtigung verdient an dieser Stelle wohl das Kloakenwasser.

Aus der grossen Anzahl von Bestimmungen, welche die Commission zu Rugby in England unternommen, geht hervor, dass in 1 Million Zollpfund Kloakenwasser enthalten sind:

		Trockensubstanz suspendirt	aufgelöst	Gesammter Stickstoff
1861	24 Analysen	457 Zollpfd.	746 Zollpfd.	83,9 Zollpfd.
1862	34 „	603 „	682 „	78,0 „
1863	35 „	936 „	715 „	93,4 „
Minimum beim stärksten Regen . . .		601 Zollpfd.	. . .	33,4 „
Maximum bei langer Trockenheit . . .		4313 „	. . .	205,2 „

35 Analysen von 1863

Suspendirte Stoffe	Organisches	385 Zollpfd.	mit	24,7 Zollpfd.	Stickstoff
	Mineralisches	551 „	„	12,5 „	Phosphorsäure
Gelöste Stoffe	Organisches	127 „	„	68,3 „	Stickstoff
	Mineralisches	588 „	„	12,6 „	Phosphorsäure

Summa 1651.

Es zeigt sich (1863), dass in dem 303*) × 365 = 110,000 Pfd. Kloakenwasser, welches jedes Durchschnittsindividuum jährlich liefert, enthalten sind:

10,2	Zollpfund Stickstoff
2,7	„ Phosphorsäure
4,2	„ organische Stoffe
56,3	„ Kali
125,2	„ Mineralstoffe.

Noch sei die Zusammensetzung der Kloakenwässer einiger anderer Städte mitgetheilt:

Schmutzwasser der Stadt Brüssel nach Petermann
Durchschnittsprobe von 15 Einzelproben

100,000 Theile enthalten:

In Suspension: 51,88 Grm.	Organische Stoffe	26,23
	Mineral-Substanzen	25,65
In Auflösung: 92,32 Grm.	Organische Stoffe	43,92
	Mineral-Substanzen	48,40
	Kohlenstoff in organischer Verbindung . . .	10,77
	Stickstoff in organischer Verbindung	1,38
	Stickstoff in Form von Ammoniak	3,86
	Salpetersäure	keine
	Phosphorsäure	0,77
	Chlor	13,26

Total 144,20 Grm.

*) Es ist nämlich ermittelt worden, dass in den kanalisirten Städten Englands, wo sich Waterklosets befinden, auf ein Individuum per Tag fällt:

	Zollpfund Kloakenwasser:
Minimum bei trockenem Wetter	202
Maximum bei trockenem Wetter	1000
Im Mittel des ganzen Jahres	303

In Deutschland, wo weniger Wasser verbraucht wird, kann man annähernd pro Kopf und Jahr 45—50 Kubikmeter annehmen.

In Lösung sind:	von Berlin nach Müller 0,5 pro Mille	von Paris nach Durand-Claye 0,977 pro Mille
Stickstoff	100 Milliontel	21 Milliontel
Kali	40 „	30 „
Magnesia	15—20 „	
Kohlensaurer Kalk	150 „	686 „
ausserdem Kieselsäure, Schwefelsäure u. s. w.	in geringer Menge	
Organische Materie	200—300 „	240 „
Phosphorsäure	30—40 „	15 *) „

Die Wirkung des flüssigen Düngers ist meist eine eben so rasche und günstige, als kurz dauernde, er kann aber auch unter Umständen unwirksam bleiben, ja sehr oft sogar nachtheilig werden. Flüssige Düngung passt eigentlich nur für armen, aber tiefgründigen Sandboden, welcher gut und gleichmässig durchdrungen werden kann; den Beweis hiefür liefert die staunenswerthe Veränderung, welche Jauchendüngung auf den bisher unfruchtbaren Sandflächen Flanderns hervorgerufen hat.

Thonboden eignet sich für flüssige Düngung schon darum nicht, weil er dadurch nur noch nässer, kälter und compacter würde.

Flüssige Düngung im Grossen empfiehlt sich zumeist für Gras- und Kleebau, dann überhaupt für Pflanzen, bei denen es auf Blattentwicklung ankommt. Für Körnerfrüchte erscheint sie durchaus unthunlich, bei Wurzelgewächsen zweifelhaft.

Der Grund, warum flüssige Düngung für gewisse Culturpflanzen nicht taugt, scheint in ihrer zu rasch eintretenden und zu kurz dauernden Wirkung zu liegen; erstere verursacht eine zu abnorme Blattentwicklung, und letztere genügt eben nicht für die ganze Wachsthumszeit. Wollte man dem durch wiederholte Düngung oder Anwendung grösserer Mengen von Dünger vorbeugen, so würde dadurch die Entartung der Culturpflanzen nur befördert werden; die Halme der Getreidearten z. B. würden stark, die Körner schwach, die Blätter der Rüben üppig, die Wurzeln klein und salzreich werden.

---

* Diese 15 Milliontel Phosphorsäure werden im Pariser Kanalwasser nicht gelöst, sondern in dessen suspendirter Materie enthalten, ausgeführt. Müller nimmt im Berliner Kanalwasser rund 100 Milliontel suspendirten feinen Schlamm an; C. Durand-Claye im Kubikmeter Pariser Kanalwasser 1,819 Kilo Suspendirtes. — Das Danziger Kanalwasser enthält nach Helm per Kubikmeter

Suspendirt	0,582 Kilogr.	Darin Kali	44,4 Milliontel
Gelöst	0,8476 „	„ Phosphorsäure	19,84 „
Zusammen	1,3296 „	„ Stickstoff	64,9 „

Allgemein giltige Angaben über die Menge des zu verwendenden flüssigen Düngers lassen sich nicht aufstellen. So können z. B. von Jauche 400 bis über 1200 Hectoliter per Hectar je nach ihrem Wassergehalt angewendet werden.

Den Kloakeninhalt von 1—2° Beaumé verwendet man in der Menge von 1000—1200 Hectol. per Hectar. Aus den zu Rugby unternommenen Versuchen geht hervor, dass man sogar 240000 Centner per Hectar anwenden kann, wobei aber die Kosten kaum 2 Kr. per 20 Centner betragen dürfen, wenn die Düngung rentiren soll. Die Grasernten sind ausserordentlich reichlich, doch wird vielfach behauptet, das Gras sei schlecht.

Eine Verdünnung ist bei Kloakenwasser keinesfalls nöthig, wohl aber hat eine solche bei Jauche, Blut und ähnlichen concentrirten Flüssigkeiten zu erfolgen; und zwar ist die Jauche für Wiesen etwa um das vierfache, für Klee um das sechsfache, Blut aber um das 10—12fache zu verdünnen. Will man Guano in flüssigem Zustande verwenden, so rechnet man per Hectol. Wasser höchstens 10 Pfund Guano.

Die Aufbringung des flüssigen Düngers kann entweder in eigenen Wägen (Jauchenkarren, Fässer u. s. w.) durch Zugkraft oder aber mittelst Rinnenleitung geschehen. Gegen ersteres Verfahren sprechen die Transportkosten und der Nachtheil, welchen das Einsinken des Wagens bei nassem Wetter im aufgeweichten Boden verursacht. Die Zuleitung in Rinnen, Kanälen oder selbst in offenen Gräben ist entschieden vorzuziehen, wo sich natürliches Gefälle befindet und die Entfernung der zu düngenden Parcellen eine nicht gar zu grosse ist.

Eine solche Anlage mit Verwendung von Kloakeninhalt im grossen Maassstabe hatten wir vor längerer Zeit bei Edinburg zu sehen Gelegenheit. Der Kloakeninhalt von etwa der Hälfte der neuen Stadt wird nämlich in einen Graben nach den nahen Wiesen von Cragentinny geleitet, wo er seit 1812 zur Berieselung mit bestem Erfolge benutzt wird. Die ganze Fläche ist in Rieselschläge getheilt, so dass in 4—5 Wochen jedes Stück etwa eine Woche lang unter Berieselung bleibt. Hierauf wird in der Regel ein Schnitt Gras gewonnen, und jede Wiese also im Laufe des Sommers vom ersten April bis zum letzten October etwa fünfmal geschnitten. Man erhält so ca. 600 bis 1000 Centner Gras per Hectar. Heu wird nicht gemacht.

Neuerer Zeit gewinnt das Berieselungssystem zur Verwendung der städtischen Schmutzwässer immer mehr an Verbreitung. So finden sich Berieselungsanlagen bei Danzig, Berlin, Frankfurt a. M.,

Paris u. s. w. Ueber deren Vortheile und Nachtheile sind die Ansichten noch sehr getheilt.*)

Hier ist auch der Ort, der „Sewage-Manure“ zu gedenken, einem vor 30 Jahren von C. Chadwick in England aufgestellten Düngungssystem, dessen Grundlage die Verwendung des Düngers nur in flüssiger Form war. Aus den festen und flüssigen Entleerungen des Viehes wurde mit Hilfe von Wasser, aber mit Ausschluss von Streustroh, eine Flüssigkeit erzeugt, welche, gelöste und suspendirte Stoffe enthaltend, alleiniger Dünger für alle zu bebauenden Culturpflanzen sein sollte. Dieses keineswegs von Chadwick erfundene, sondern nur auf's Neue in Anregung gebrachte System wurde mit Enthusiasmus aufgenommen, namentlich von den Pächtern Englands und Schottlands; sie verbannten das Streustroh, stellten ihr Vieh auf Lattenroste, leiteten die festen und flüssigen Entleerungen der Thiere in Cisternen, durchzogen die Fluren mit Eisenröhren und trieben mit Hilfe von Dampfkraft den Dünger auf Felder und Wiesen, wo dann die Pflanzen begossen wurden. Doch nur wenige Jahre Beobachtung, eine genauere Kostenberechnung, verglichen mit den Productionsergebnissen, genügte, um die meisten dieser kostspieligen Anlagen eben so schnell verschwinden zu machen, als sie entstanden waren, und keinem englischen oder schottischen Farmer fällt es jetzt mehr ein, seine Wirthschaft auf flüssige Düngung allein zu basiren.

*) Man vergleiche die trefflichen Arbeiten Alexander Müller's über diese Frage, besonders Landw. Versuchsstationen 1873. und Landw. Centralblatt für Deutschland. 22. Jahrg. 1874. 11. Heft. — Wir citiren noch eine ganz neuerdings in der N. fr. Pr. über die Folgen der Kanalisation resp. Berieselung laut gewordene Stimme. Es heisst dort: Die Rieselfelder von Genvilliers bei Paris haben vielfach als Beweis für die Vortrefflichkeit der Kanalisation gedient; erst in diesem Jahre hat Ober-Bürgermeister Hobrecht den Berlinern die trefflichen Producte dieser Rieselfelder in Gartenfrüchten vorgeführt. Die Berieselung hat dort allerdings eine grosse Fruchtbarkeit des Bodens hervorgerufen, sie ist aber zugleich mit so grossen Uebelständen verbunden, dass der Gemeinderath von Genvilliers eine Petition an die Nationalversammlung gerichtet hat, um der Berieselung ein Ziel zu setzen. Das Rieselwasser durchsickert nämlich die obere Erdschichte und sammelt sich dann über dem Niveau des mit der Seine correspondirenden Grundwassers an. Während der Dauer der Berieselung hat sich dadurch das Niveau des Grundwassers allmählich um zwei Meter gehoben, was zur Folge hatte, dass Keller, Steinbrüche, Erbbegräbnisse und Kirchhöfe von demselben eingenommen worden sind. Aus allen diesen unterirdischen Orten entwickeln sich nunmehr mephitische Düuste und gefährliche Miasmen, welche Krankheiten erzeugen. Namentlich tritt das früher dort gänzlich unbekannte Sumpffieber vielfach auf. Man ist dadurch zu der Einsicht gekommen, dass für Paris ein Rieselfeld von mindestens 18,000 bis 20,000 Hect. Grösse zur Unterbringung von Spüljauche erforderlich ist, dass es aber noch besser sein wird, die Siele bis zum Meere zu führen, um die Spüljauche ohne weitere üble Folgen zu beseitigen.

Fassen wir die bisher gemachten, besonders auch die aus England mitgetheilten Erfahrungen und Beobachtungen zusammen, so ist das Ergebniss, dass flüssige Düngung

a) überhaupt nur in beschränktem Maasse,
b) nur unter obwaltenden günstigen Localverhältnissen (natürliches Gefälle, entsprechende Bodenart) zulässig ist, so zwar, dass
c) die sich in Stallungen und aus dem Düngerhaufen ansammelnde Jauche zur Düngung (namentlich zur Grünfutterproduction) nur in entsprechend verdünntem Zustande zur Verwendung kommt. Daher kann
d) eine noch so wohl angelegte Durchführung des Systems der blossen flüssigen Düngung über den ganzen Umfang einer grösseren Besitzung nie rentabel sein.

12. Mengedünger (Compost).

Compost ist ein Gemisch von Erde mit verschiedenen, in der Haus- und Landwirthschaft, den Klein- und Grossgewerben abfallenden Nebenproducten, die überhaupt einen Düngerwerth besitzen.

Der Zweck der Compostbereitung ist, alle diese Abfälle durch gehörige Behandlung in einen alle Pflanzennährstoffe enthaltenden, kräftigen und gleichmässigen Dünger zu verwandeln und — „eine Düngersparkasse, worin der Landwirth alle einzelnen, und seien es noch so unbedeutende Abfälle, die ausserdem verloren gehen, einlegt“ — wie Stöckhardt mit Recht sagt, herzustellen.

Wir führen die zum Theil schon früher erwähnten Stoffe der Uebersicht halber nach den Abtheilungen: thierische, pflanzliche, erdige und flüssige Abfälle, hier möglichst vollständig auf:

Thierische Stoffe. Abfälle aus Schlachthäusern und Gerbereien, Blut, Borsten, Eingeweide der Thiere, Engerlinge, Federn, Flechsen, Fleisch, Filz, Fischbeinabfälle, Geflügelmist, Grieben, Haare, Häute, Hörner, Hufe, Klauen, Knochen, Lederabfälle, Leimkäse, Maikäfer, Raupen, Schnecken, Sehnen, Thiermist, Thranabfälle, Wolllumpen, Wollstaub u. s. w.

Pflanzliche Stoffe. Abfälle von Baumwollspinnereien, von Tabakfabriken, von Flachs, von Stroh, Blätter und Stengel von Pflanzen, Gerberlohe, Heidekraut, Hopfentreber, Hefe von Wein, Bier und Essig, Holzasche, Kohlenkleien, Kaffeelager, Maiskolben, Malzkehricht, Melassenschlempe, Modererde, Moos, Obsttreber, Pilze,

Rückstände der Farbhölzer aus Färbereien und Cottondruckereien, Rübenpresslinge, Sägespäne, Scheuerabfälle, Torf, Braunkohlenabfälle, Unkräuter aller Art, Weintrester u. s. w.

Mineralische Stoffe (erdige Stoffe). Abfälle von: Kalk- und Ziegelöfen, aus Blutlaugensalz- und Soda-Fabriken, Asche von Braun- und Steinkohlen und von Torf, aus Alaun- und Eisenvitriolfabriken, Bauschutt, Gyps aus Holzessig- und Stearinfabriken, Kalkabfälle aus Bleichereien, Färbereien, Gerbereien, Leuchtgasfabriken, Papierfabriken, Pottasche- und Seifensiedereien, Zuckerfabriken (Scheidekalk), Kalksteinstaub, Kehricht, Koth, Lehm, Russ, Schlacken, Schlamm, Staub, Ziegelbrocken u. s. w.

Flüssige Abfälle. Häringslacke, Lauge von Flachs- und Leinenbleichen, Seifenwasser, Spülwasser, Unterlauge der Seifensiedereien, Wasser von Bleichereien, Druckereien, Oelraffinerien, Spodium- und Stärkemehlfabriken, Leimsiedereien, Zuckerfabriken und vom Talgausschmelzen, Waschwasser aus Küchen.

Landwirthe in der Nähe grösserer Städte sind noch besonders auf die Bereitung von Compost aus Senkgrubeninhalt und Strassenkehricht, zweier dort massenhaft verfügbarer Materialien aufmerksam zu machen. Antwerpen z. B. liefert jährlich 1 Million Kubikfuss Strassenkehricht, welcher zu 2 bis 3 Kreuzer per Kubikfuss verkauft wird. Berücksichtigt man noch die überall in Städten vorhandenen Massen von Entleerungen, so wird kein Landwirth in der Nähe derselben in Verlegenheit um Material für den kräftigsten Compost kommen.

Bereitung des Compostes.

Rücksichtlich der Wahl des Ortes und Herstellung des Platzes für die Composthaufen ist im Allgemeinen dasselbe zu beobachten, was über Anlage von Düngerhaufen empfohlen wurde.

Zur Erzielung eines möglichst gleichmässigen Compostes ist ein weiteres Erforderniss, dass das aus so mannigfaltigen Stoffen bestehende Material thunlichst zerkleinert werde, um es mechanisch möglichst vollkommen durcheinander mischen zu können.

Ferner sind alle verweslichen Substanzen zuvor unter Beachtung der früher empfohlenen Vorsichtsmaassregeln in mässige Verwesung zu bringen, und es ist desshalb wünschenswerth, möglichst viel stickstoffhaltige thierische Stoffe, vorzüglich flüssige, wie Blut, Jauche, Abortdünger beizumengen, weil durch diese Stoffe eine Zersetzung auch jener Substanzen herbeigeführt wird, welche für sich allein der Verwesung nur sehr langsam unterliegen, wie z. B. die

pflanzlichen Stoffe, namentlich holzige Substanzen, Späne u. s. w. Den letzteren kann man zu gleichem Behufe wohl auch etwas gebrannten Kalk zusetzen, aber immer nur dann, wenn man zugleich hinreichend Erde aufführt, um das durch den Kalk beförderte Entweichen des Ammoniaks zu hindern. Je reicher die Erde an organischen Substanzen, wie z. B. Walderde, desto vorzüglicher eignet sie sich zu diesem Zwecke; doch hat die Menge der zuzuführenden Erde auch ihre Grenzen, weil bei zu grosser Menge derselben der Dünger an Werth verlieren würde. Das so vorbereitete Material mischt man sorgfältig und bildet dann Haufen, welche nicht zu gross sein dürfen, stets aber mit Erde bedeckt bleiben müssen.

Die Grösse der Haufen kann natürlich nach Verhältniss des Raumes abgeändert werden, doch sollen sie durchschnittlich 1—1½ Meter Länge und 2—3 Meter Breite haben. Nach einigen Wochen wird der Composthaufen umgestochen (umgesetzt), und dieses zwei- bis dreimal während des Sommers wiederholt, worauf der Haufen jedesmal mit Erde bedeckt wird. Nach 1—2 Jahren ist das inzwischen pulverförmig gewordene Product fertig und die Compsterde verwendbar.

Da die chemische Zusammensetzung des Compostdüngers von dem zur Verwendung gekommenen Material bedingt ist, so lässt sich über den Gehalt an Nährstoffen jedesmal nur mittelst specieller Analyse urtheilen. Um jedoch den Werth solchen Düngers einigermassen anschaulich zu machen, sei eine Analyse des in Köln aus Strassenkehricht, menschlichen Entleerungen, Asche u. dergl. erzeugten Compostes angeführt, von welchem 1000 Pfd. enthielten:

Stickstoff	2½	Pfd.
Kali	18½	„
Kalk	36½	„
Phosphorsäure	22	„
Schwefelsäure	15	„

Der Compost eignet sich besonders zur Ueberdüngung auf die Saatfurche oder die schon aufgelaufene Saat (Thaer) und am besten für leichten Boden, der einen schon mehr aufgeschlossenen Dünger verlangt. Ebenso ausgezeichnet ist seine Wirkung auf Wiesen, nur muss für eine vollkommene Vertheilung Sorge getragen werden. Auch ist anzurathen, dem Compost für Wiesendüngung etliche Centner Superphosphat oder Gyps zuzufügen. Auf eine lange Nachwirkung ist nicht zu rechnen. Was die zu verwendenden Mengen anbelangt, so sind dieselben von der Zusammensetzung des Compostes zu sehr bedingt, als dass sich hierüber Allgemeingiltiges bestimmen liesse; sie schwanken zwischen 60 bis 200 Fuhren per Hectar.

B. Specielle Düngerarten.)

13. Kalireiche Düngemittel.

Von den kalireichen Düngemitteln sind an erster Stelle

a. die Stassfurter**) und Kaluszer Salze zu nennen.

Am 3. April 1839 wurde in der Stassfurter Gegend das erste Bohrloch zur Gewinnung von Speisesalz angesetzt. Im Juni 1843 zeigte sich das erste Salz und im Jahre 1851 hatte man schon ein Salzlager von 325 Meter durchbohrt, ohne das Liegende desselben angetroffen zu haben. Das Bohrloch hatte damals eine Tiefe von 581 Meter. 1858 wurden auf dem nahen anhaltinischen Gebiete gleichfalls Steinsalzschächte eröffnet. In den oberen Schichten, welche das eigentliche Steinsalzlager überdecken, fand man bedeutende Mengen Chlorkalium; anfänglich wusste man nicht, was mit diesen massenhaft vorkommenden „Abraumsalzen" machen, bald jedoch erkannte man ihren Werth und von da an wurde Stassfurt zu dem „einzig dastehenden Industrieort", der es jetzt ist.***)

In Kalusz in Galizien wurden 1854 Kalisalze gefunden, die sich dadurch vortheilhaft von den Stassfurtern unterschieden, dass sie keine Magnesiasalze, sondern reines Chlorkalium enthielten. Leider ist der Betrieb theils wegen allmählicher Verschlechterung des Rohstoffes theils aus anderen Gründen in neuerer Zeit dort eingestellt.

Welche mineralische Vorkommnisse Stassfurt bietet, zeigt nachstehende Zusammenstellung:

---

*) Anleitung zur Untersuchung der künstlichen Düngemittel geben die auf S. 124 citirten Werke von v. Gohren und Wolff, sowie C. Schumann, Anleitung zur Untersuchung der künstlichen Düngemittel und ihrer Rohstoffe. Braunschweig 1876.

**) Eingehendere Auskunft über die Stassfurter Vorkommnisse findet sich in F. Bischoff: Die Steinsalzlager bei Stassfurt. Halle. F. C. M. Pfeffer.

***) Die erste Kalidüngerfabrik wurde im Jahre 1861 von Dr. A. Frank errichtet, dieselbe verarbeitete in diesem Jahre 47233 Ctr. Rohsalz. Seitdem stieg die Zahl der neu angelegten Fabriken in folgender Progression:

1862	verarbeiteten	4	Fabriken	zusammen	408000	Ctr. Rohsalz
1863	„	11	„	„	1288000	„ „
1864	„	19	„	„	2775000	„ „
1865	„	16	„	„	1900000	„ „
1866	„	16	„	„	3452000	„ „
1867	„	16	„	„	3350000	„ „
1868	„	18	„	„	4033000	„ „
1869	„	20	„	„	4600000	„ „
1870	„	21	„	„	6244000	„ „
1871	„	25	„	„	8064000	„ „
1872	„	33	„	„	10284000	„ „

Stassfurter mineralische Vorkommnisse.

	Carnallit $KCl+MgCl_2+6H_2O$	Sylvin KCl	Kainit $(K_2SO_4+MgSO_4)+MgCl_2+6H_2O$	Schoenit $K_2SO_4+MgSO_4+6H_2O$	Polyhalit $K_2SO_4+MgSO_4+2CaSO_4+2H_2O$	Chlornatrium $NaCl$	Tachhydrit $CaCl_2+2MgCl_2+12H_2O$	Anhydrit $CaSO_4$	Kieserit $MgSO_4+H_2O$	Boracit
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		47,58 Proc. Chlor 52,42 „ Kalium	Schwefelsaure Kali-Magnesia			Chlornatrium	Chlorcalcium und Chlormagnesium, das zerfliesslichste aller Stassfurter Salze	Schwefelsaurer Kalk	87,1 Proc. schwefelsaure Magnesia 12,9 „ Wasser	Borsaure Magnesia mit mehr oder weniger Chlormagnesium
Wasser	35,57—36,33	17,37	5,75							
Unlösliches	—	0,22	—							
Chlorkalium	24,27—27,41	—	—							
Chlormagnesium	30,51—36,03	16,95	—							
Chlorcalcium	2,62—3,01	—	—							
Chlornatrium	—	9,70	3,49							
Schwefelsaurer Kalk	0,84—1,26	—	42,64							
Schwefelsaures Kali	—	32,12	27,90							
Schwefelsaure Magnesia	—	22,87	19,76							
Eisenoxyd	0,14	—	—							

Da die Wirkung der Stassfurter Salze hauptsächlich in dem Gehalte an Kali zu suchen, derselbe jedoch in den Salzen, wie sie zu Tage geschafft werden, verhältnissmässig klein ist, so war man darauf bedacht, durch Anlage von eigenen Fabriken aus den Rohsalzen kalireichere darzustellen, um einestheils die Wirkung bei Anwendung einer kleineren Menge zu steigern, anderentheils die Kosten für den Transport in entferntere Gegenden so viel als möglich zu verringern.

Diese Präparate kommen unter verschiedenen Namen in den Handel, z. B. als zweifach, dreifach, fünffach concentrirtes Kalisalz u. s. f. Gleichzeitig erkannte man die Nachtheile, welche eine öftere und starke Düngung mit Chlorverbindungen im Gefolge hat (besonders in schwerem Boden) und begann schwefelsaure Verbindungen zu fabriciren, die jetzt meistens Anwendung finden. Die Zusammensetzung einiger solcher Düngersalze ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

In den Handel kommende Stassfurter Abraumsalze und Kaliumpräparate.

	Kali K_2O	Kalisulphat K_2SO_4	Chlorkalium KCl	Magnesiasulphat $MgSO_4$	Chlornatrium NaCl
	%	%	%	%	%
Rohes schwefelsaures Kali	9—12	18—20	—	15—25	35—55
Rohe schwefelsaure Kali-Magnesia (Kainit mit circa 17 Proc. $MgCl_2$) .	15—18	28—32	—	12—20	25—40
Raffinirte schwefelsaure Kali-Magnesia .	29—30	54—57	—	32—39	2—6
Concentrirter Kalidünger	25	20—22	20—22	10	20—35
Dreifach concentrirter Kalidünger . .	30—33	—	48—50	5—10	30—50
Fünffach concentrirter Kalidünger . .	50—53	—	80	—	10—20
Raffinirtes schwefelsaures Kali	38	70	—	5—10	2—8
Kalihaltige schwefelsaure Kalk-Magnesia	4—5	6—8	—	35—40	—
Einstreusalz	6—7	10—12	—	15—20	60—70

Neuester Zeit wendet man statt der geringeren Fabriksalze rohen Kainit, besonders den Leopoldshaller an, da nach mehrfachen Versuchen (Fittbogen) ein specifischer Unterschied in der Wirkung beider nicht besteht. Ja für tiefwurzelnde Pflanzen ist letzterer sogar vortheilhafter als reine Kalisalze, da das in Form von rohem Kainit in den Boden gebrachte Kali sich gleichmässiger und

auf weitere Strecken im Boden vertheilt. Damit die im Kainit enthaltenen, auf die meisten Culturpflanzen schädlich wirkenden Chlorverbindungen in tiefere, für den Haupttheil der Pflanzenwurzeln unerreichbare Bodenschichten hinuntersickern, muss das Ausstreuen des Kainits im Herbst, Winter oder zeitigsten Frühjahr geschehen und muss der Boden einen durchlässigen Untergrund haben.

Wird eine bedeutende Kalibereicherung des Bodens bezweckt, so verdienen die kalireichen Düngesalze den Vorzug, weil durch eine Kainitdüngung ausser reinem Kalisalz eine zu grosse Menge von auszuwaschenden Chlorverbindungen in den Boden gebracht würde.

Trotzdem nun die Stassfurter Salze seit beinahe 15 Jahren einer ausgebreiteten Anwendung in der Landwirthschaft sich erfreuen, sind wir doch noch nicht im Stande, ein allgemeines Urtheil über ihren Werth als Düngemittel zu fällen, da die Wirkung dieser Salze je nach dem Boden, der Witterung, der Art und Weise der Anwendung und den Pflanzen, bei denen sie angewendet werden, eine sehr verschiedene ist. Die Rentabilität der Kalidüngung kann daher nur durch vergleichende Düngungsversuche constatirt werden.

Im Allgemeinen bemerkte man einen guten Erfolg bei Klee, Luzerne, Grünwicken, Hülsenfrüchten u. s. w., einen günstigen bei Rüben (bei entsprechender Witterung), und einen sehr guten auf Wiesen und bei der Rimpau'schen Moorcultur.

Zur Düngung von Kartoffeln haben sich die Stassfurter Salze (wie aus den meisten Versuchen klar wurde) nicht als geeignet erwiesen, da man zwar mehr als sonst, aber stärkmehlärmere, wässerige Kartoffeln erntete.

Für Getreide sind die Stassfurter Salze im Allgemeinen nicht zu empfehlen, da bei nicht entsprechender Körnerbildung dasselbe nach solcher Düngung sehr in's Stroh wächst. Tritt eine trockene Witterung ein, so sind die Stassfurter Salze auch der Zuckerrübe ungünstig, sie zeigt dann bei unvollkommener Entwickelung einen bedeutenden Salzgehalt.

Bei Zuckerrüben erwies sich in der Mehrzahl der Fälle die Frühjahrsdüngung günstiger; bei Lupinen gab die Winterdüngung höhere Erträge. Auf Wiesen lieferte dieselbe eine bessere Heuernte, wird aber bezüglich des zweiten Schnittes im Allgemeinen von der Frühjahrsdüngung übertroffen.

Wenn man die bisherigen Erfahrungen überblickt, ergeben sich für die Benützung der Stassfurter Kalisalze im Allgemeinen etwa folgende Regeln:

Die Salze sollen nie für sich allein verwendet werden, sondern

immer gemischt mit Guano, Knochenmehl, Superphosphaten, Stalldünger, Kalk oder in Compostform. Man dünge geraume Zeit vor der Einsaat und pflüge sogleich, aber flach unter.

Als Kopfdüngung verwende man sie, wegen ihrer beizenden Wirkung auf junge Pflanzentheile, keineswegs.

Die unmittelbare Anwendung vor dem Anbau von Hackfrüchten hat sich nicht vollkommen bewährt. Man düngt am besten im Herbst.

Die Stassfurter Salze sind nicht geeignet für schweren Thon- und leichten Sandboden; am besten wirken sie in einem Lehmboden von mittlerer Beschaffenheit. In einem zu feuchten und sauren Boden geht ihre Wirkung ganz verloren.

Mit Rücksicht auf die Stärke der Düngung sei noch erwähnt, dass man als Maximum 6 Ctr. Kalisalz per Hectar ansehen kann.

b. Die Asche. Unter den Aschen der Brennmaterialien ist es zunächst die Holzasche, dann wohl auch die Torfasche, welche zu den kalireichen Düngemitteln gehört. Nicht so die Steinkohlen- und Braunkohlenasche, die nur wenig oder kein Kali enthalten. Leider steht die Holzasche gegenwärtig, wo Stein- und Braunkohlen, so wie Torf als Brennmaterial das Holz immer mehr verdrängen, im reinen Zustande dem Landwirthe nur in sehr holzreichen Gegenden zu Gebote und in solchen bleibt sie aus Unkenntniss meist unbeachtet.

Der Holzasche zunächst steht in Bezug auf Kalireichthum die durch Verbrennen der Seepflanzen in Spanien und der Bretagne gewonnene Asche.

Torfasche wird nicht nur beim Heizen mit Torf als Nebenproduct gewonnen, sondern man verbrennt letzteren an vielen Orten Belgiens, Hollands, Englands und Deutschlands nur der Aschengewinnung halber, oder verkohlt ihn behufs der Gewinnung von Torfkohle, wie z. B. an vielen Orten der Bretagne.

Aus der auf nebenstehender Tabelle gegebenen Uebersicht ist der Gehalt verschiedener Aschenarten an Pflanzennährstoffen ersichtlich.

Unausgelaugte Holzasche ist demnach die kalireichste und da sie gleichzeitig viel Phosphorsäure enthält, auch die werthvollste. Phosphorsäure findet sich übrigens in noch bedeutenderer Menge in der ausgelaugten Holzasche der Seifensiedereien, die auch bedeutende Mengen von kohlensaurem Kalk enthält, der sich in der zum Zwecke der Pottaschegewinnung ausgelaugten Asche nicht findet.

Bei dem fast gänzlichen Kalimangel der meisten Braunkohlen- und Torfaschen lässt sich deren günstige Wirkung nur aus ihrem

Analysen verschiedener zur Düngung verwendbarer Aschen.

In 100 Pfund sind enthalten:	Holzasche (mittlerer Zusammensetzung)	Braunkohlenasche (mittlerer Zusammensetzung)	Torfasche aus		Seifensiederasche nach R. Hoffmann	Steinkohlenasche aus Kladno nach R. Hoffmann
			Gratzen nach R. Hoffmann	Lüneburg nach Henneberg		
Wasser	4	4	4	4	4	4
Organische Stoffe	10 (Kohle)	5 (Kohle)	10	—	5 (Kohle)	5
Mineralstoffe	86	91	86	96	91	91
Hierin: Kali	5	1/2	1/2	1/2	3/4	Spur
Kalk, Talkerde	25	20	3	18	40 *)	5
Phosphorsäure	3	1/10	3/10	—	4	Spur
Schwefelsäure	1 1/3	1/2	Spur	9	1/3	1/3
Anderweitige Stoffe: vorz. Sand, Thon und Kieselsäure, die an Basen gebunden waren . .	51 2/3	69 9/10	82 2/10	68 1/2	46	85 2/3

*) Zuweilen bedeutende Mengen Gyps.

nicht selten sehr bedeutenden Gypsgehalt und bei der Torfasche aus ihrem meist grossen Aetzkalkgehalte erklären. Unter allen Aschenarten zeigt die Torfasche die grössten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung, daher jedesmalige Untersuchung anzurathen ist; das Aeussere gibt insofern für den Werth einen Anhalt, als die Asche um so besser ist, je leichter und je weniger roth sie sich zeigt.

Grössere Gleichheit in der Zusammensetzung zeigen die Steinkohlenaschen, sie sind aber ihren Bestandtheilen nach die werthlosesten. Ihre Wirksamkeit beschränkt sich meist nur auf die mechanische Verbesserung des Bodens.

Aschen eignen sich vorzüglich zur Düngung auf schwerem feuchten Thonboden, dessen Beschaffenheit dadurch auffallend verbessert wird. Kalireiche Aschen verwendet man am besten für Wiesen und Klee; auch gibt man sie zu kaliarmem Dünger, wie Knochenmehl u. s. w. Von Holzasche sind 40—80 Hectol. per Hectar, von Stein-, Braunkohlen- und Torfasche 100—200 Hectol. per Hectar zur Düngung nöthig.

Die Aufbringung der Asche geschieht auf Wiesen am besten schon im Herbste, auf Aecker schon im zeitigen Frühjahr, und zwar für Wintergetreide oberflächlich, aber gut mit Erde gemischt. Uebrigens vergesse man nicht, dass, wo Asche durch das Verbrennen der auf dem Felde gewachsenen Pflanzen, wie beim Moor-, Rasen-, Stoppel- und Queckenbrennen, gewonnen wird, der Boden keine Bereicherung an Nährstoffen erhält, sondern letztere ihm nur in einer veränderten Form geboten werden.

c. Melasse und Melassenschlempe sind sehr kalihaltige, daher äusserst werthvolle Abfallsstoffe. Erstere ist Abfallsproduct bei der Rübenzuckerfabrication, letztere der flüssige Rückstand nach Benützung der Melasse zur Spirituserzeugung. Nur die Schlempe ist als ein dem Landwirth zugängliches Düngemittel anzusehen, denn die 30—45% Zucker enthaltende Melasse unmittelbar im verdünnten Zustande als Dünger zu verwenden, wäre nur dort zu entschuldigen, wo sie weder als Futtermittel noch zur Spirituserzeugung höher verwerthbar ist. Verfüttert man die Melasse, so erhält man ihre Mineralstoffe und den grössten Theil des Stickstoffes in den thierischen Entleerungen; verarbeitet man sie zu Spiritus, so finden sich in der Melassenschlempe diese Stoffe wieder, die man gleichfalls erst verfüttert, oder auch unmittelbar als flüssigen Dünger verwendet.

1000 Pfund einer von Hoffmann untersuchten Melassenschlempe enthielten:

Wasser	921	
Organische stickstoffhaltige Stoffe	56	
Hierin Stickstoff		4½
Mineralstoffe	23	
Hierin Kali	17	
Kalk und Magnesia		½
Schwefelsäure		¼
Phosphorsäure		¼
Anderweitige Stoffe	5	
	1000	

In Spiritusfabriken, die viel Melasse verarbeiten, wird häufig die Schlempe eingedampft und verkohlt. Der Kaligehalt dieser Melassenkohle beträgt zwischen 24—42%, sie wäre also ein höchst willkommenes Düngemittel; da sie aber zur Bereitung von Kalisalzen für den Handel viel höher verwerthet wird, bleibt sie dem Landwirthe meist unzugänglich. Auch eingedickte Melassenschlempe (70% Trockensubstanz mit 7—9% Kali und 3—4% Stickstoff) findet mehrfach Verwendung. Eine werthvolle kalihaltige Flüssigkeit (9% Trockensubstanz mit 1,58 an organische Säuren gebundenem und 0,16 kohlensaurem Kali, sowie 0,36 Stickstoff) liefert das neue Scheibler-Seyferth'sche Elutionsverfahren der Melasse-Zuckergewinnung.

d. Von den kalihaltigen Gesteinen ist der Feldspath und Kaliglimmer zu erwähnen. Allein wie aus der Tabelle auf S. 10 hervorgeht, ist das Kali in diesen Gesteinen als Silicat, also einer im Wasser unlöslichen und daher auch von den Pflanzen unaufnehmbaren Verbindung vorhanden. Um das Kali löslich zu machen, müssten diese Gesteine zu einem feinen Pulver gemahlen werden, wodurch der Verwitterungsprocess befördert und das Kalisilicat aufgeschlossen wird. Dieses Pulvern ist aber eine so kostspielige Operation, dass die Kosten derselben der möglichen Wirkung nicht entsprechen. Auch alle weiteren Versuche, diese Gesteine auf einem schneller zum Ziele führenden Wege als durch den nur äusserst langsam fortschreitenden Verwitterungsprocess löslich zu machen, scheiterten an dem Kostenpunkte. Wir erwähnen dieser massenhaft vorhandenen, aber noch ungehobenen Schätze nur deshalb, um die zuversichtliche Erwartung auszusprechen, es werde dem rastlos suchenden Menschengeiste in nicht zu ferner Zukunft gelingen, auch diese Aufgabe, wie so viele andere für unausführbar gehaltene, zum Nutzen des Landwirthes zu lösen.

14. Phosphorsäurereiche Düngemittel.

a. Die Knochen und der aus ihnen bereitete Dünger. Das Skelett der Wirbelthiere besteht aus Knochen und zwar liefert durchschnittlich

1 Pferd oder Rind über 2 Jahre alt 50 Pfd.*) Knochen
1 Schaf über 1 Jahr alt . . . . 6 „ „
1 Schwein über 1 Jahr alt . . . 10 „ „
1 Ziege über 1 Jahr alt . . . . 8 „ „

Zur Düngung wurden die Knochen zu Thiers in der Auvergne schon seit undenklichen Zeiten benutzt; in England versuchte man ihre Anwendung zuerst seit 1775 zu Yorkshire und in Deutschland zu Sollingen. Allgemeinere Verbreitung fand die Knochenmehldüngung in Deutschland erst seit etwa 50 Jahren, nachdem man auf die erstaunlichen Erfolge in England aufmerksam geworden war und Liebig in der kräftigsten Weise für sie eintrat; aber selbst dann wurden noch ungeheure Knochenmassen aus Deutschland nach England ausgeführt.**)

Die Knochen bestehen aus etwa $^2/_3$ Mineralsubstanz und $^1/_3$ organischen stickstoffhaltigen Stoffen (Knorpel). Erstere enthält im Wesentlichen phosphorsauren Kalk. Der Phosphorsäuregehalt ist es, auf dem der eigentliche Düngerwerth der Knochen beruht, der Stickstoff des Knorpels steht erst in zweiter Reihe. Die Zersetzung der Knorpelsubstanz erfolgt nur unter den der Fäulniss überhaupt günstigen Bedingungen. Um die Knochen besser als Dünger verwerthen zu können, werden sie zunächst in Mehl verwandelt und mancherlei anderen Behandlungen unterzogen. So unterscheidet man: gewöhnliches, fermentirtes, gedämpftes und aufgeschlossenes Knochenmehl.

Das gewöhnliche Knochenmehl, welches jetzt zahlreiche Fabriken in den Handel liefern, kann sich der Landwirth auch selbst bereiten. Die Knochen, welche er am besten aus Abdeckereien

---

*) Diese Angaben beziehen sich auf gänzlich ausgetrocknete Knochen; so aber, wie sie gewöhnlich vorkommen, dürften sie um $^1/_2$—$^1/_4$ schwerer sein.

**) Dass man auch heut zu Tage noch nicht überall den Werth der Knochen und Knochenabfälle für die Düngung zu schätzen weiss, beweist, dass aus Oesterreich

1872 die Ausfuhr an Knochenkohle betrug 44254 metr. Ctr.
1873 „ „ „ „ „ 64361 „ „
1874 „ „ „ „ „ 68205 „ „
1875 „ „ „ „ „ 75109 „ „
1876 „ „ „ „ „ 877666 „ „

(Org. d. Centralvereins f. Rübenzucker-Ind. 1877. März.)

und Schlächtereien bezieht, weil er sie daselbst rein und ohne Beimengung von Sand, Erde u. s. w. wie bei den sogenannten Leseknochen erhält, werden nach vorhergegangenem Zerschlagen mit Hämmern oder Stampfern durch Mühlsteine in Mehl verwandelt, welches möglichst fein und nicht viel gröber als gewöhnlicher Streusand sein darf.*)

Um feineres Knochenmehl zu erhalten, empfiehlt es sich, die Knochen vorher zu dämpfen.

Zu diesem Zwecke werden die ganzen Knochen zuvor in Kesseln mit gespannten Dämpfen behandelt. Dadurch wird ihnen ein nicht unbedeutender Theil des Knochenknorpels entzogen, der sich als Leim mit dem Knochenfett in dem Condensationswasser ansammelt, welches letztere zur Leimgewinnung, als Schmiermittel oder zum Begiessen der Composthaufen gut zu benutzen ist. Die so behandelten Knochen zeigen sich nach dem Trocknen viel spröder und lassen sich viel leichter und staubfrei zu Mehl zermahlen. Trotzdem, dass das gedämpfte Knochenmehl weit stickstoffärmer ist, als das nicht gedämpfte, erweist es sich wegen seiner feinen Vertheilung viel wirksamer.

Rohes Knochenmehl enthält durchschnittlich:

19—21 Proc. Phosphorsäure
4—4,8 „ Stickstoff.

Gedämpftes Knochenmehl:

21—26 Proc. Phosphorsäure**)
2,5— 4 „ Stickstoff.

Da das Knochenmehl je feiner um so werthvoller ist, so beurtheilt man beim Handel diesbezüglich seine Qualität mittelst eines Siebsatzes von drei Sieben, von welchen

Nr. I. pro Quadratcentimeter 1089 Maschen
Nr. II. „ „ 484 „
Nr. III. „ „ 256 „

enthält; der auf dem Sieb Nr. III. verbleibende Rest wird als Nr. IV. bezeichnet.

Das Knochenmehl ist leider eines der am häufigsten verfälschten Düngemittel, besonders kommen Zusätze von Sand, Asche, Gyps, kohlensaurem Kalk (Mergel, Austernschalen), Sägemehl, Steinnussabfällen, Phosphorit, Koprolithen u. s. vor.

*) Ueber die Bereitung des Knochenmehls vergl. man: Rümpler, käufliche Düngestoffe. Berlin. S. 115 ff.

**) Nach Krocker soll sich durch das Dämpfen bei nicht zu hohem Druck aus der geringen Menge von halbsaurem Kalkphosphat ($^1/_{10}$ Proc.) in den Knochen saures und basisches Phosphat bilden. Bei höherem Druck als $1^1/_2$ Atmosphären wirkt der saure phosphorsaure Kalk auf den kohlensauren ein, es bildet sich ein basisches Phosphat.

Der Glühverlust soll bei gutem Knochenmehl wenigstens 31 Proc. betragen und kann auf 40 bis 50 Proc. steigen. Der in Säuren unlösliche Rückstand soll höchstens 4 Proc., der Gehalt an Calciumcarbonat höchstens 8 Proc. betragen.

Von den anderen Methoden, die werthvollen Bestandtheile des Knochenmehls leichter löslich und dadurch den Pflanzen zugänglicher zu machen, finden in der Praxis besonders die Fermentirung und die Behandlung mit Säuren (Aufschliessung) Anwendung. Fermentirtes Knochenmehl entsteht, wenn man gewöhnliches Knochenmehl in Haufen bringt, mit Jauche, Blut oder selbst nur mit Wasser befeuchtet, mit Erde bedeckt und etwas anfaulen lässt.

Pagel gibt folgende empfehlenswerthe Vorschrift zur Fermentation des Knochenmehls:

1. Man vermeide die Zuführung übermässig grosser Mengen von Harn oder Jauche, da hierdurch die Fermentirung geschwächt wird. Beim Versetzen von 45 Kilo Knochenmehl mit 21 Litern Harn genügt diese letztere Menge, um 80 Proc. des Stickstoffes löslich zu machen; für die Verhältnisse der Praxis dürfte hiernach ein passendes Verhältniss in 50 Kilo Knochenmehl und 30 Litern Harn oder Jauche bestehen.

2. Diese Knochenmehl- und Harnmengen werden innig gemischt mit 10 Proc. Gyps durchgearbeitet.

3. Es empfiehlt sich, die zu bildenden Haufen mit Gyps oder Erde zu überdecken, um die Stickstoffverluste vollständig zu vermeiden.

4. Ist die Fermentirung richtig eingeleitet, so muss eine bedeutende, 40° C. übersteigende Temperaturerhöhung erreicht werden.

5. Die Beendigung der Fermentirung erkennt man daran, dass die Temperatur zu sinken beginnt.

6. Die Dauer der Fermentirung ist verschieden, doch dürften 3—4 Wochen überall genügen. Nachdem die Temperatur bedeutend gesunken ist, gräbt man den Haufen um, zeigen sich dabei noch trockene Stellen, so muss man diese mit etwas Jauche befeuchten und nochmals den Haufen fermentiren lasen.

Eine Probe fermentirten Knochenmehls enthielt:

Gesammtstickstoff	2,14 Proc.
Unlöslicher Stickstoff	0,28 „
Löslicher Stickstoff	1,86 „
In Form von Ammoniak vorhandener Stickstoff	1,27 „
Vom Gesammtstickstoff waren demnach löslich	86,92 „

Die in dem Knochenmehl enthaltene Phosphorsäure wird durch das Fermentiren nicht in Wasser löslich.

Aufgeschlossenes Knochenmehl (Superphosphat, saurer-phosphorsaurer Kalk, gelöste Knochen) gewinnt

man durch Behandeln des rohen Knochenmehls mit Schwefelsäure (ausnahmsweise auch mit Salzsäure). Dabei wird ein grosser Theil der Phosphorsäure des sonst unlöslichen phosphorsauren Kalkes löslich, und gleichzeitig bildet sich schwerlöslicher, schwefelsaurer Kalk (Gyps), indem sich die Schwefelsäure theilweise mit dem Kalk, welcher in den Knochen an Phosphorsäure gebunden ist, verbindet. Bei Anwendung von Salzsäure entsteht löslicher salzsaurer Kalk (Chlorcalcium). Obwohl aufgeschlossenes Knochenmehl in eigenen Fabriken, namentlich in England, massenhaft erzeugt wird, und daher leicht beziehbar ist, so kann sich der Landwirth dasselbe auch selbst bereiten. Stöckhardt gibt hiezu folgende Anleitung:

Aus einem Gemenge gesiebter Asche (von Holz, Steinkohlen, Braunkohlen u. s. w.) und Erde bilde man auf einer Scheunentenne einen kreisförmigen Damm, so dass innerhalb desselben ein leerer Raum bleibt, um einen Centner Knochenmehl fassen zu können. Damit dieser Damm die nachherige Umarbeitung des Knochenmehls aushält, wird er von aussen festgetreten oder mit einem Brettchen festgeschlagen. Von dem Knochenmehl wird nun das feine Pulver abgesiebt und bei Seite gestellt, dann schüttet man das übrige Mehl in die Vertiefung, besprengt es unter Umschaufeln mit 3 Maass Wasser mittelst der Giesskanne, so dass es gleichförmig benetzt wird, und setzt noch etwa 3 Maass (13 Pfund) englische Schwefelsäure zu, wobei man gleichfalls mit einer Schaufel umrührt. Es entsteht ein lebhaftes Aufschäumen in der Masse, die jedoch den Damm nicht übersteigt, sobald die Schwefelsäure, wie angegeben, nur allmählich zugeschüttet wird. Nach 24 Stunden besprengt man die Masse abermals mit 3 Maass Wasser, setzt noch weitere 2 Maass Schwefelsäure unter Umschaufeln zu, und lässt die Substanzen wieder 24 Stunden auf einander wirken. Hierauf rührt man das abgesiebte feine Knochenpulver darunter und schaufelt endlich die aufgeschlossene Knochenmasse mit der Asche und Erde des Dammes gut durcheinander, bis sie mit der letzteren gleichmässig vermischt ist. So erhält man ein krümliches Pulver.

Natürlich kann dieses Verfahren nach Umständen modificirt werden, nur in Bezug auf die in Verwendung kommende Säuremenge darf ein gewisses Maass nicht überschritten werden. Mehr als 15 bis 25 Pfund Schwefelsäure per Centner Knochenmehl anzuwenden, ist im Allgemeinen nicht räthlich (obwohl dieses Maass in England oft überschritten wird), da bei etwaiger Unreinheit des Knochenmehles oder dessen zu grober Beschaffenheit, ja selbst durch unvollkommenes Verfahren beim Aufschliessen wegen Kalkmangel leicht freie Schwefelsäure zurückbleiben kann und dies nachtheilig ist. Wendet man statt der Schwefelsäure Salzsäure an,

so hat dies den Nachtheil, dass wegen Löslichkeit des salzsauren Kalkes thatsächlich eine Lösung entsteht.

1000 Gewichtstheile enthielten:	Aufgeschlossenes Knochenmehl nach R. Hoffmann		Superphosphat nach Hering	
Wasser	100		115¾	
Organische Substanz	220		250⅓	
Darin: Stickstoff		20		16⅓
Kalk	320		228½	
Phosphorsäure			368½	
a) lösliche		50		212
b) unlösliche		100		156⅓
Magnesia		—	15½	
Schwefelsäure	240		121⅓	
Kalk			—	

Dem Knochenmehl nahe steht die Knochenkohle (Spodium, Beinschwarz, Zuckerkohle, schwarz gebrannte Knochen). Die bei der Zuckergewinnung benützte und nicht mehr brauchbare Knochenkohle, welche als mehr oder weniger feines schwarzes Pulver als Absieb (Spodiumstaub) oder in grösseren Stücken käuflich zu haben ist, kann, recht verwendet, als trefflicher Dünger dienen. In Folge der Verkohlung hat die Knochenkohle den grössten Theil der organischen Substanzen der Knochen, hiemit auch des Stickstoffes verloren, dagegen an Phosphorsäure zugenommen.

Die Zusammensetzung der Knochenkohle ist sehr schwankend, unbrauchbar gewordene enthält von 25—75 Proc. phosphorsauren Kalk, 1,5—10 und mehr Procent kohlensauren Kalk und etwas Gyps.

Wie das Knochenmehl, so kann auch die Knochenkohle aufgeschlossen werden; das so entstandene Superphosphat unterscheidet sich von dem aus frischen Knochen erzeugten durch Armuth an organischen Stoffen und an Stickstoff, dagegen durch Reichthum an Phosphorsäure.

Seit einigen Jahren wird zu Düngungszwecken auch Knochenasche in den Handel gebracht. Rümpler fand in einer Probe solcher Asche:

Phosphorsauren Kalk	67,2 Proc.
Kohlensauren Kalk	3,6 „
Aetzkalk	1,1 „

Meistens ist aber der Gehalt an Kalkphosphat bedeutender, bis über 75 Proc.

Ueber die Anwendung dieser aus Knochen gewonnenen Düngemittel lässt sich etwa Folgendes sagen:

Gewöhnliches Knochenmehl verlangt einen Boden von mittlerer Bindigkeit, der nicht zu nass sein darf, weil sonst die Zersetzung der Knochen gar nicht oder nur sehr langsam von statten geht, und sich das Knochenmehl noch nach Jahren unverändert im Boden findet. Aus denselben Gründen darf aber der Boden auch nicht zu trocken sein. Im letzteren Falle muss man, auf die Winterfeuchtigkeit rechnend, das Knochenmehl im Herbste für Wintersaat benützen.

Die übrigen Knochenpräparate, namentlich der Spodiumstaub, vertragen schon eher schwerere und etwas nasse Bodenarten.

Die Fruchtart anlangend, werden Knochendünger besonders bei jenen Pflanzen, welche viel Phosphorsäure benöthigen, also auf Halmfrüchte, deren Körnerertrag dadurch ganz besonders gesteigert wird, ferner Oel- und Blattfrüchte günstig wirken. Aber auch bei Rüben und überhaupt bei Wurzel- und Knollengewächsen hat man die besten Erfolge erzielt. Zur Ueberstreuung auf junge Saat eignet sich gewöhnliches Knochenmehl, wie Knochenkohle, der langsamen Zersetzung wegen nicht; hiezu taugt besser fermentirtes oder gedämpftes, am besten aber das aufgeschlossene Knochenmehl.

Wendet man die Knochendünger allein an, so wechselt die nöthige Menge zwischen 8—20 Centner per Hectar. Je leichter löslich sie sind, desto weniger, je schwerer löslich, desto mehr muss verwendet werden. Von Superphosphat gibt man daher 8—12, von Knochenmehl 12—20 Centner per Hectar. Aus den nachfolgenden Resultaten der von Dietrich bei Rüben angestellten Versuche geht deutlich hervor, wie verschieden je nach der Form der zum Düngen verwendeten Knochenpräparate deren Menge sein muss.

Art und Menge des Düngers für 56 Zucker-Rüben-Pflanzen	Geerntet bei 56 Pflanzen an	
	Wurzeln	Blättern
	Pfund	Pfund
Ungedüngt	—	—
Grobkörniges Knochenmehl 2 Pfund . . .	82	26
Staubfeines Knochenmehl 2 Pfund . . .	99	28
Fermentirtes Knochenmehl 2 Pfund . . .	104	30
Knochenmehl mit 40 Proc. Schwefelsäure aufgeschlossen	112	42
Knochenmehl mit 40 Proc. Salzsäure . . .	118	40
Knochenkohlenpulver 2 Pfund	91	29
Dasselbe mit 40 Proc. Schwefelsäure aufgeschlossen	96	29

Die Nachwirkung ist am grössten beim gewöhnlichen Knochenmehl. Die Erfahrung hat festgestellt, dass sich bei feinem Knochenmehl die Wirkung ungefähr vertheilt:

im ersten Jahre 25—30%
im zweiten „ 25—30%
im dritten „ 20—25%
im vierten „ 10—15%

Am besten und naturgemässesten aber wendet man Knochendünger nicht für sich allein, sondern im Verein mit anderen speciellen Düngemitteln an, weil sie sich so mehr oder weniger vollkommen zu einem allgemeinen Dünger ergänzen. Durch Zugabe anderer leicht zersetzbarer Dünger werden überdies auch die Knochendünger schneller wirksam. Bei 250 Centner Stalldünger im Herbste und 2 Centner aufgeschlossenem Knochenmehl als Nachdünger im Frühjahr hat Hoffmann bei Weizen die glänzendsten Resultate erzielt. Geeignete Mischungen sind ferner: 7 Ctr. Knochenmehl mit 3½ Ctr. Oelkuchenmehl, oder statt des letzteren mit 1½ Ctr. Peruguano. Knochenmehl, das man durch Zusätze stickstoffhaltiger Substanzen an Stickstoff bereichert hat, kommt als guanisirtes Knochenmehl, als Nitrophosphat und unter ähnlichen Namen im Handel vor.

Ein Gemenge von Knochenmehl mit Fleischmehl kommt unter dem Namen Fray-Bentos-Guano neuerdings in den Handel. Die nachfolgende Durchschnittsanalyse würde einem Gemenge aus 2 Theilen Knochenmehl und 1 Theil Fleischmehl entsprechen:

Analysen von

	Bakerguano 10 Analysen	Maldenguano nach Krocker, Grote, Fittbogen	Howlandguano nach Drysdale	Starbuckguano nach Dietrich und Schulz
Wasser	3,57 – 10,45	4— 4,69	7,20	1,61—16,25
Organ. Substanz	6,57— 9,53	6,63— 9,23	14,18	9,19—12,72
Eisenoxyd	0— 1,05	0— 1,71	—	—
Kalkerde	39,11—43,5	41,90—44,23	—	35,86—41,62
Magnesia	0— 2,63	0,84— 1,86	—	0,28— 0,39
Phosphorsäure	36,95—40,32	30,35—37,58	Phosphate 75,32	29,40—45,68
Schwefelsäure	0,94— 5,12	0,21— 1,73	—	0,68— 1,37
Kieselsäure	0— 5,5	—	—	—
Chlor	0— 0,42	0,81— 1,12	—	—
Sand	—	—	—	—
Stickstoff	0— 1,03	0— 0,57	—	0,66— 0,80
Lösliche Phosphorsäure	—	—	—	—

Wasser	9,24 Proc.
Weisse Asche	49,74 „
Sand	2,64 „
Phosphorsäure	20,07 „
Kalk	25,44 „
Magnesia	0,76 „
Schwefelsäure, Kali, Eisen .	Spuren „
Organische Substanz . . .	41,03 „
Stickstoff	4,65 „

Die so oft hörbaren Klagen über Wirkungslosigkeit von Knochendüngern und insbesondere von Knochenmehlen erklären sich meist dadurch, dass bei ihrer Verwendung nicht die oben berührten Verhältnisse, als da sind Bodenart, Witterung, Form des Düngemittels u. s. w. genügend in Rechnung gezogen wurden.

b. Phosphatguanos.*) Unter Phosphatguanos begreift man jene Mineralphosphate, welche aus dem Stickstoffguano in Folge grösserer oder geringerer Auslaugung seiner löslichen organischen und unorganischen Stoffe entstanden sind. Sie bilden, wie der Stickstoffguano, mächtige Lager entweder aus steinartigen Massen, wie der Maraiben- und Sombreroguano, oder sie sind pulverartig, untermengt mit grösseren Stücken und dem Stickstoffguano dann sehr ähnlich. Ihre Farbe ist sehr verschieden und selten

*) Man vergl. L. Meyn, die natürlichen Phosphate u. s. w. Leipzig. G. Kürsten.

Phosphat-Guanos.

Jarvisguano nach Heiden	Phönixguano	Mejillonesguano nach Fresenius und Neubauer	Razaguano nach Voigt	Sombreroguano	Navassaphosphat nach Ulbricht
8,53—15,83	1,19—2,08	10,161	4,08	2,94—15,10	2,7
5,99—10,26	2,03—5,22	—	9,26	—	4,5
—		—	1,14	2,82— 3,70	14,8 und Thonerde
33,51—36,32	Kalkphosphat 70,70—76,00	—	35,28	22,69—51,70	37,6
0— 0,56		—	1,18	0,36— 1,22	0,6
17,67—26,47		38,404	39,70	32,51—39,64	33,5
15,85—27,02		—	4,03	0— 0,80	—
—		—	0,46	—	2,5
—		—	0,03	0— 0,87	—
—	Magnesiaphosphat 5,19—13,47	—	4,84	—	—
0— 0,64	0,39—0,77	0,729	0,40	—	0,11
—	—	—	0,51	—	—

gleichmässig, fast emailweiss bis chocoladenbraun; sie sind geruchlos oder doch von viel schwächerem Geruch, als der Stickstoffguano.

Die wichtigsten, im stillen Ocean, nahe dem Aequator liegenden Phosphatguanoinseln sind die Baker-, Howland-, Malden-, Jarvis-, Starbuck-, Enderbury- und Phönixinseln. Die besten Phosphatguanos sind die Baker-, Mejillones- (an der Küste von Bolivia) und Razaguano. Von den westindischen Phosphatguanoinseln sind Curaçao in der Nähe von Caraccas, deren Guano ca. 70 Proc. phosphorsauren Kalk und 7—8 Proc. kohlensauren Kalk enthält, und Sombrero, sowie Navassa zu nennen.

Die Lager an der afrikanischen Küste sind geringwerthig, eingeführt wurden von dort der Saldanhabay- und Algoabayguano.

Ueber die Zusammensetzung einiger der wichtigsten Phosphatguanos gibt die Tabelle auf Seite 462 und 463 Aufschluss.

c. Mineralische Phosphate. Der Sombrero- und Navassa-Guano bilden den Uebergang zu den eigentlich mineralischen Phosphaten, bei welchen ihr Ursprung von organischen Substanzen in der Zusammensetzung nicht mehr erkennbar ist, nur die sogenannten Koprolithen zeigen zuweilen Reste von Kohlenstoff, die das Phosphat schwarz färben.

Die Koprolithen sind haselnuss- bis eigrosse, nierenförmige, mehr oder weniger gelbbraun gefärbte Steinmassen, welche man

Die Zusammensetzung einiger wichtiger mineralischer

	Phosphorit von Logronza nach Völcker	Estremadura-Apatit nach W. Wolf	Westphälischer Phosphorit nach Krocker	Nassauer Phosphorite nach Petersen	Apatit aus Schweden nach Völcker	Phosphorit aus Podolien u. d. Bukowina nach Schwackhöfer
Wasser	0,6	0,4	0,8	1,65— 3,00	0,4	0,53— 0,72
Organische Substanz . .	—	—	6,0	—	—	0,79— 1,39
Kalk	—	44,5	—	42,31—53,30	—	47,99—53,05
Magnesia	—	—	—	0,12— 0,23	—	Spuren
Kali	—	—	—	0,14— 1,26	—	0— 0,16
Eisenoxyd	—	2,7	—	3,77— 8,22	—	1,06— 2,65
Thonerde	—	—	—	1,08— 2,23	—	0,64— 2,52
Phosphorsäure . .	36,0	36,8	21,0	30,63—36,78	41,2	36,53—40,42
Schwefelsäure	—	—	—	—	—	Spuren
Kohlensäure	—	—	—	1,51— 4,25	—	0,27— 0,30

zum grössten Theil als die zu Stein gewordenen Excremente von Thieren früherer Schöpfungsperioden ansieht. Sie finden sich im Lehme, Sande, Schiefern und andern Gesteinen eingesprengt und kommen vorzüglich in England (Norfolk, Bedfordshire, Bristol, Suffolk etc.) in mächtigen Lagern vor, in geringerer Menge in Frankreich. In uns näher gelegenen Gegenden hat man Koprolithen bisher nur als vereinzelte Einsprengungen aufgefunden, weshalb sich ihre Ausbeutung auch kaum lohnt, so z. B. bei Starkenbach in Böhmen, wo sie sammt dem Brandschiefer, in welchem sie vorkommen, zu Asche gebrannt als Dung verwendet werden.

Der Apatit (Phosphorit und Osteolith) findet sich als Gemengtheil in sehr vielen Gebirgsteinen, tritt aber auch selbstständig in Felsmassen als Gebirgsgestein auf und wird dann gewöhnlich als Phosphorit oder, wenn er mehr pulverig ist, als Osteolith bezeichnet. Die mächtigsten Lager von diesen Mineralphosphaten finden sich zu Krageroe in Norwegen, Badajos, Jumila und Logroa in Spanien, Amberg in Baiern, Hörde in Westphalen, Avendal in Norwegen.*)

*) Hervé-Mangon schätzt die Menge der mineralischen Phosphate, welche die Landwirthschaft gegenwärtig als Jahresbedarf verbraucht, auf 30—40 Millionen Zollcentner, deren Werth mindestens ebensoviel Millionen Gulden repräsentiren.

Phosphate zeigt nachstehende Tabelle.

Phosphorite des Samlandes nach Hoffmeister	Kalkphosphat von Ciply in Belgien nach Nivoit	Phosphorit aus dem Lavanthale nach Wolf	Attovelophosphat nach Hanamann	Redonda-Aluminiumphosphat nach Hanamann	Phosphate aus dem Departement du Cher nach Poncau	Koprolithen aus Helmstädt nach Hosaeus	Englische Koprolithen nach Völcker	Böhmische Koprolithen nach Hoffmann	Phosphate aus d. Schweiz nach Piccard
0— 7,02	25,55	—	—	22,45	—	7,4	0.25	—	—
0— 2,08		—	—		—		Spur	18,7	4,0
0,45—44,62	51,60	—	—	—	13,42—51,36	30,2	—	—	—
Spuren — 3,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0— 2,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0—26,35	0,90	—	—	5,06	1,20— 3,18	7,1	—	—	—
0— 8,14	—	—	—	27,81		6,5	—	—	—
0,09—35,78	20,35	29—30	40—42	39,12	11,38—38,39	25,7	24,2	16,5	19,5
0— 1,32	0,12	—	—	—	—	2,1	—	—	—
0,42— 4,34	—	—	—	—	—	3,8	—	—	—

Neben diesen so phosphorsäurereichen Gesteinen gibt es noch eine nicht unbedeutende Anzahl anderer, welche jedoch nur geringe Mengen Phosphorsäure enthalten. Bei der hohen Wichtigkeit dieser Säure muss der Landwirth sich über deren Vorkommen in seiner Nähe Kenntniss verschaffen; denn sie findet sich in Mengen von 1—3 Procent überhaupt in allen Apatit, Vivianit oder Wawelit enthaltenden Gebirgsgesteinen, vorzüglich in den Basalten, Phonolithen, Graniten und der Lawa; daher ist auch der Staub solcher mit diesen Gesteinen geschotterten Strassen sehr reich an Phosphorsäure, und, da er die schon benutzbare feine Pulverform besitzt, sehr zu schätzen. Ferner befinden sich oft beachtenswerthe Mengen von Phosphorsäure in vielen Mergeln und Schiefern.

Alle genannten Mineralphosphate müssen vor ihrer Verwendung auf das Feinste gepulvert werden, was noch viel schwieriger ist als bei den Knochen. Eine unmittelbare Verwendung dieses Mineralpulvers ist wegen des langsamen Löslichwerdens der Phosphorsäure im Boden nicht anzurathen, wenn auch immerhin vereinzelte Versuche ein günstiges Resultat nachweisen. Erfahrungsmässig erweisen sich die Mineralphosphate nur wirksam in mit Säuren löslich gemachtem Zustande als Superphosphate, über deren Anwendung schon das Nöthige mitgetheilt wurde.

Häufig wird auch das Compostiren der gepulverten Phosphorite mit humusreicher Erde, Torf, Mist, Jauche, Sägespänen u. s. w. zur Löslichmachung der Phosphorsäure empfohlen. Holdefleiss fand aber bei seinen diesfälligen eingehenden Versuchen, dass wenigstens für die Lahnphosphorite das Compostiren ohne besondere praktische Bedeutung sei.

Die Wirkungsart der Mineralphosphate unterscheidet sich von der der Knochenphosphate dadurch, dass erstere fast vollkommen stickstofffrei sind.

d. Von phosphorsäurehaltigen Abfällen sind zu nennen: Gyps, gewonnen bei der Phosphor- und Phosphorsäureerzeugung aus Knochenmehl, Flüssigkeiten bei der Leimerzeugung, namentlich dort, wo die Knochenerde mit Salzsäure aus den Knochen ausgezogen wird, Scheideschlamm aus Zuckerfabriken (mit 1—2% Phosphorsäure) u. s. w.

Nachstehende Tabelle zeigt die Zusammensetzung einiger solcher Abfälle:

100 Gewichtstheile enthalten	Gefällter phosphorsaurer Kalk als Nebenproduct bei der Gelatinefabrication nach Wicke	Phosphorsäurehaltige Abfälle bei der Verarbeitung von Eisenerzen nach Stromeyer	Phosphorsaurer Kalk der Leimfabriken
Wasser	26,1	—	35,0
Organische Stoffe		—	16,0
Darin: Stickstoff	2,6	—	1,5
Phosphorsaurer Kalk	53,5	—	—
Phosphorsaure Magnesia	2,1	—	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	5,3	Eisenoxyd 12,7	—
Gyps	2,0	—	—
Kohlensaurer Kalk	0,8	—	—
Chlorcalcium	3,5	8,6	—
Kalk	0,4	36,3	22,0
Kali	0,2	—	0,1
Natron	0,3	—	0,2
Phosphorsäure	—	42,2	15,0
Sand, Thon u. s. w.	5,5	—	5,3

15. Stickstoffreiche Düngemittel.

Unter den salpetersauren und Ammoniaksalzen, die hier zunächst in Betracht kommen, können von ersteren nur das salpetersaure Natron, weniger das salpetersaure Kali, und von letzteren nur das schwefelsaure Ammoniak zur Düngung Anwendung finden, weil bei diesen allein der Preis annähernd dem Dungwerthe entspricht. Ausserdem gehört noch eine Anzahl bereits früher erwähnter Düngemittel, welche neben anderen Nährstoffen eine grössere oder geringere Menge Stickstoff enthalten, hierher. Solche sind der Stickstoffguano, die Entleerungen der Menschen und Nutzthiere, alle thierischen und manche pflanzliche Abfälle, wie Malzkeime, Oelkuchen etc.

Das salpetersaure Natron (Chilisalpeter) konnte erst seit der Entdeckung eines ausgedehnten Salpeterlagers in Südamerika, dessen Ausbeutung in den Jahren 1825 bis 1828 begonnen wurde, im Grossen in der Landwirthschaft Verwendung finden.*) Diese Salpeterlager, welche sich besonders reichlich in der peruanischen Provinz Tarapaca befinden, sind wahrscheinlich aus dem Stickstoff

*) 1871 betrug die Ausfuhr 3,605,706 Centner.

von Guanolagern, welche die Ufer eines grossen Natronsees bedeckten, entstanden. Das eigentliche salpeterhaltige Mineral (Caliche) ist ein Gemenge aus Kalisalpeter, Kochsalz, Jod- und Bromnatrium, jodsaurem Natron, schwefelsauren Alkalien, schwefelsaurem Kalk, Sand, Thon u. s. w. Sein Gehalt schwankt

Salpeter	48,20—74,33 Proc.
Kochsalz	20,50—39,90 „
Sonstige Verunreinigungen	1,94—27,40 „

Die Verarbeitung des Rohsalzes zu reichhaltigeren Producten geschieht in ähnlicher Weise wie die der Kalirohsalze zu Chlorkalium.

Der Gehalt des gereinigten Chilisalpeters beträgt 90—100 Proc. reinen Salpeter, entsprechend 14,8 bis 16,4 Stickstoff.

In neuerer Zeit kommen auch sogenannte Nitrilkalke (mit ca. 8 Proc. Stickstoff) in den Handel, welche mit Hilfe der Salpetersäure und salpetrige Säure enthaltenden Abfälle der Dynamitfabriken dargestellt werden.

Das in der Landwirthschaft Verwendung findende schwefelsaure Ammoniak wird zumeist aus dem Gaswasser der Leuchtgasfabriken gewonnen. Das rohe schwefelsaure Ammoniak enthält 77,7 bis 93,2 Proc. schwefelsaures Ammoniak, entsprechend einem Stickstoffgehalt von 16,5 bis 19,8 Proc.

Leider findet sich in dem rohen schwefelsauren Ammoniak häufig Rhodanammonium,*) welches auf die Pflanzen als Gift wirkt.

Die Wirkungsart dieser Salze ist eine zweifache: einmal direct ernährend durch Zufuhr von Stickstoff in Form von Ammoniak oder Salpetersäure, sodann aber auch indirect, indem sie im Boden zersetzend und lösend auf phosphorsauren Kalk, unlösliche Alkaliverbindungen und andere unlösliche Pflanzennährstoffe wirken.

Der Kalisalpeter bietet überdies in dem Kali den Pflanzen einen wichtigen Nährstoff. Die Schwefelsäure beim schwefelsauren Ammoniak ist schon weniger und noch weniger das Natron des Chilisalpeters von Bedeutung.

Bei ihren überaus interessanten Untersuchungen über den Einfluss der Trockenheit des Jahres 1870 auf die Ernten in Rothamsted

*) Schumann fand in einem schwefelsauren Ammoniak des Handels nicht weniger als **73,94** Proc. Rhodanammonium. Auf den Wiesen, welche mit diesem Salz gedüngt worden, wurden die Spitzen der Gräser und bald die ganzen Pflanzen gelb und starben nach einiger Zeit ganz ab. Rhodan ist leicht daran zu erkennen, dass die wässerige Lösung des Salzes mit ein paar Tropfen Salzsäure und Ferrichlorid versetzt eine blutrothe Färbung gibt.

fanden Lawes und Gilbert, dass Ammoniaksalze und Chilisalpeter auf den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in so fern einwirken, als der nicht gedüngte Boden einen grösseren Feuchtigkeitsgrad zeigte; ferner dass eine fortgesetzte Düngung mit Ammoniaksalzen einerseits und salpetersauren Salzen andererseits unter sonst gleichen Verhältnissen eine beträchtliche Aenderung in den herrschenden Pflanzenarten bewirkt, und zwar gewinnen bei Zufuhr des Stickstoffes in Form von Ammoniak im Kampfe um's Dasein die flachwurzelnden Species das Uebergewicht, während die Nitrate die tiefbewurzelten begünstigen.

Wegen ihrer schnellen Wirkung und der Eigenschaft einiger, rasch in den Untergrund zu gehen, der Chilisalpeter z. B. wird nicht von der Ackererde absorbirt, eignen sich diese Salze am besten als Kopfdüngung, zur Kräftigung junger Saat oder zur successiven Düngung, wobei das Salz mit Erde gut gemischt auszustreuen ist. Ganz vorzüglich passen aber diese leicht löslichen Stickstoffverbindungen als Beidüngung für stickstoffarme Düngerarten, wie Superphosphate aus Mineralphosphaten oder Spodiumstaub.*) Für diese, zugleich kaliarmen Düngemittel wäre besonders Kalisalpeter als Beidünger zu empfehlen.

Die salpetersauren und Ammoniaksalze eignen sich für Zuckerrüben nicht, wohl aber für Grasland, Klee und die Halmfrüchte. Kalisalpeter ist besonders dem Tabak günstig, der Boden darf aber nicht zu schwer und die Witterung keine zu trockene sein. Deutlich wahrnehmbar ist die Wirkung der einzelnen Stickstoffdünger auf den Alkaloidgehalt der Pflanzen. So fand Dietrich, dass Chilisalpeter den Morphingehalt des Mohnes um $1\frac{1}{2}$—2 Proc., schwefelsaures Ammoniak aber um $6\frac{1}{2}$ Proc. steigerte. 300—350 Pfund dieser Salze per Hectar dürfte als Maximum der anzuwendenden Menge zu betrachten sein.

Die thierischen Abfälle und die pflanzlichen zur Düngung verwendeten stickstoffhaltigen Substanzen, deren Stickstoffgehalt nachstehende Zusammenstellung zeigt, sind in Wasser nur schwer oder gar nicht löslich, wirken daher nicht so schnell wie die eben erörterten Salze, dafür stetiger und nachhaltiger und werden dadurch den Landwirthen werthvoll.

---

*) Solche Mischungen kommen jetzt vielfach in den Handel, z. B. eine solche von aufgeschlossenem Mejillonesguano, Chilisalpeter und schwefelsaurem Ammoniak unter dem Namen „Extra Biphosphated Guano“ (mit 8—9 Proc. Stickstoff). Der Landwirth wird in der Regel besser und billiger thun, sich die einzelnen Bestandtheile zu kaufen und die Mischung selbst vorzunehmen.

Stickstoffgehalt verschiedener zu Zwecken der Düngung verwendbarer Substanzen

20—22%	schwefelsaures Ammoniak,
17 „	bester Stickstoffguano,
15—10 „	guter Stickstoffguano, Fischguano, Kali- und Natronsalpeter, Haare, trockenes Blut, Federn, Hornmehl, Flockwolle, Flockseide, Grieben.
15— 5 „	Wolllumpen, Fledermausguano, Lederabschnitzel, Taubenmist, Haare aus Gerbereien, Oelkuchen.
5— 2 „	Fleisch, Malzkeime, Poudrette, Knochenmehl, Blut, Wollstaub, Maikäfer, Leimkäse, gedämpftes Knochenmehl.
2— 1 „	Russ, Fische, Erbsenstroh, Kohle von Melassenschlempe, Weintrester, Scheideschlamm, Fukusarten.
1—1/2 „	Gaswasser, Harn, Moose, Excremente von Schafen, Schweinen, Pferden und Menschen, Walderde, Torf etc., Blätter, Wasser vom Einquellen des Weizens, Stalldünger, Knochenkohle, Phosphorguano, Kalk aus dem Kohlensäureapparat der Zuckerfabriken, Modererde, Schlammabsatz aus den Wässern der Zuckerfabriken, Hopfentreber, Häringslacke.
1/2—1/10 „	Excremente von Rindern, Stroharten von Getreide, Schlamm, Seesand, Austernschalen, Kaffeelager, Rübenpresslinge, Sägespäne, Melassenschlempe, Harn aus Pissoirs, Jauche.

16. Kalkreiche Düngemittel.

Kalk wird zur Düngung entweder in Form von Verbindungen der Kalkerde mit Säuren oder als Kalkerde in unverbundenem Zustande angewendet.

Von den Kalkverbindungen ist die verbreitetste jene des kohlensauren Kalks; seltener kommen der schwefel- und der phosphorsaure Kalk vor. Des letzteren wurde bereits S. 465 gedacht, ersterer aber wird bei den schwefelsäurereichen Düngemitteln besprochen werden. An dieser Stelle sei nur von dem kohlensauren und dem gebrannten Kalk die Rede.

Kohlensaurer Kalk findet sich vor Allem weitverbreitet in dem Mergel (S. 37), der ein Gemenge aus Sand, Thon und kohlen-

saurem Kalk ist und nach den Mengenverhältnissen dieser einzelnen Bestandtheile auch verschiedene Namen in der Praxis führt. Uebrigens enthält er als Nebenbestandtheile mitunter werthvolle Pflanzennährstoffe.

Indem wir uns auf das S. 37, 104 u. 229 über die Wirkung der kohlensauren Kalkerde auf Boden und Pflanzen Gesagte beziehen, sei hier nur die Wirkung des Mergels zusammengefasst:

1. Der kohlensaure Kalk, wie er sich im Mergel findet, eignet sich vorzüglich zur Ausgleichung ungünstiger physikalischer Eigenschaften des Bodens, namentlich zur Verbesserung der schweren Bodenarten durch Erdmischung, wozu allerdings grosse Mengen von Mergel erforderlich sind. Um z. B. einem Acker nur 2 Proc. kohlensauren Kalk einzuverbleiben, sind von einem das Kalkcarbonat nur zur Hälfte führenden Mergel 80—90 Fuhren nöthig.

Hieraus folgt, dass man überhaupt möglichst kalkreichen Mergel verwende; wo dies aber nicht möglich, für schwere Bodenarten nur möglichst sandreiche Mergel und für leichte Bodenarten zur Bindigmachung Thonmergel wähle. Ueberdies muss eine sehr billige Herbeischaffung vorausgesetzt werden. Wo sich, wie das ja häufig der Fall ist, Mergellager unmittelbar unter der Ackerkrume finden, lässt sich die Mischung um so leichter bewerkstelligen.

2. Der Mergel wirkt aber auch in chemischer Beziehung günstig, indem er sogenannte saure Bodenarten verbessert und die Salpeterbildung befördert.

3. Der Mergel wirkt ferner direct ernährend, indem er den Pflanzen nicht allein Kalkerde, sondern zuweilen auch noch andere Nährstoffe, wie z. B. Phosphorsäure, kohlensaure Talkerde, seltener Alkalien und schwefelsauren Kalk zuführt. Sind auch die Mengen solcher Nebenbestandtheile meist gering, so fallen sie doch ins Gewicht, wenn man die grossen überhaupt zugeführten Massen von Mergel erwägt.

Die Anwendung des Mergels (Mergelung) geschieht am zweckmässigsten so, dass man im Herbste denselben auf Häufchen (ähnlich wie beim Stalldung) vertheilt und nach einigen Tagen bei trockenem Wetter ausstreut, dann durch Eggen und wenn nöthig durch Pflüge mit der Erde so vollständig als möglich vermischt. War das Feld zu nass, so gibt man vor der Mergelung eine tiefe Ackerung.

Am besten eignet sich Mergel selbstredend für schwere und kalkarme Bodenarten.

Die Früchte, deren Gedeihen er vorzüglich fördert, sind: Krapp, Klee, Raps, Erbsen, Bohnen, Kartoffeln, Rüben, Esparsette.

Verhältnisszahlen über die jedesmal zu verwendenden Mergelmengen lassen sich schon bei der grossen Verschiedenheit seines Gehalts an kohlensaurem Kalk, wie der angestrebten Zwecke, nicht aufstellen. Hier muss der Landwirth wie bei ähnlichen Fragen nach Massgabe der Localverhältnisse selber prüfen und wählen.

Auch das Thierreich liefert bedeutende Mengen kohlensauren Kalks, in der Form von Muschel- (Austern-), Schnecken- und Eierschalen. Die Muschel- und Korallensande, Schnecken- und Austernschalen werden als Düngemittel meist nur an mergelarmen Küsten Englands und Frankreichs benützt.

Unter den Abfällen, welche kohlensauren Kalk enthalten, sind noch zu nennen: Kalköfenbruch (Staub aus den Kalköfen), Gaskalk, Scheideschlamm und Kalk aus den Kohlensäureapparaten der Zuckerfabriken etc. Die Zusammensetzung dieser Substanzen zeigt nebenstehende Tabelle, aus der zugleich hervorgeht, dass viele derselben auch durch ihre Nebenbestandtheile eine Wirkung ausüben müssen.

Gebrannten Kalk (Aetzkalk, ätzenden Kalk) gewinnt man durch Brennen der kohlensauren Kalksteine in eigenen Oefen, wobei die Kohlensäure ausgetrieben wird und Kalkerde als Rückstand verbleibt. Nässt man den gebrannten Kalk mit Wasser, so zerfällt er unter sehr bedeutender Wärmeentwickelung zu einem lockeren, leichten, in Wasser etwas löslichen, ätzend und laugenhaft schmeckenden, mehr oder weniger weissen Pulver, indem sich die Kalkerde mit einer bestimmten Wassermenge verbindet. 3 Pfund reinen Kalkes nehmen hierbei 1 Pfund Wasser auf und bilden vier Pfund staubförmigen (gelöschten) Kalkes.

Zerfällt gebrannter Kalk nach hinlänglichem Nässen nicht vollkommen zu Pulver, so war der Kalkstein unrein, oder er war zu viel gebrannt (todt gebrannt).

Die Wirkung des gebrannten Kalkes auf den Boden äussert sich in folgender Weise:

a) Er wirkt theils zersetzend, theils löslich machend auf organische und mineralische Bodenbestandtheile. Indem der Kalk das Löslichmachen der Nährstoffe befördert, beschleunigt er das Wachsthum der Pflanzen überhaupt.

Durch dieses Löslichmachen müssen die Nährstoffe bei mangelhafter Zufuhr aber rascher erschöpft werden und in sofern kann eine Kalkung allerdings „erschöpfend“ oder „aussaugend“ wirken, wie die Praktiker sagen und in vielen Sprüchen ausdrücken, z. B.

„Kalk ohne Dünger macht reich die Väter und arm die Kinder.“

1000 Gewichtstheile enthalten:	Kalköfenbruch nach R. Hoffmann	Scheideschlamm aus einer Zuckerfabrik nach R. Hoffmann	Gaskalk nach Hoffmann	Kalk aus dem Kohlensäureapparat einer Zuckerfabrik nach Hoffmann	Muschelsand von Brest nach Besnou	Gemenge von verschiedenen Muschel- und Schneckenschalen nach Bobierre	Abfälle bei der Bereitung von Seifensiederlauge	
							I. Nach R. Hoffmann	II. Nach Bělohoubek
Kalk	85	170	460	30	—	—	100	—
Kohlensaurer Kalk	215	160	250	590	700	950	701	852
Kohlensaure Talkerde	—	—	—	—	—	—	—	38½
Gyps	—	—	230	5	—	—	4	10
Organische Stoffe	—	440	—	270	—	—	—	—
Stickstoff	—	15	—	5	—	—	—	—
Phosphorsäure	—	—	—	—	5	5	—	Spuren
Kochsalz	—	—	—	—	—	—	15½	Spuren
Chlorkalium	—	—	—	—	—	—	8½	—
Anderweitige Stoffe	700	230	60	105	295	45	171	198½

Wir aber setzen dem entgegen: „Kalk richtig verwendet, bereichert sowohl Väter als Kinder!“

b) Gebrannter Kalk wird im Boden durch Aufnahme von Kohlensäure bald wieder zu kohlensaurem Kalk und wirkt dann auf die Bodenmischung verbessernd.

c) Zerlegt der Kalk lösliche und schädlich wirkende Eisenoxydulsalze, in Folge dessen diese oxydirt und unschädlich werden.

d) Wirkt er wie der kohlensaure Kalk direct als Nährmittel. Nebenbestandtheile führt er seltener als der Mergel, steht diesem aber, was Entsäuerung und Beförderung der Salpeterbildung anbelangt, in der Wirkung gleich.

e) Vom Mergel unterscheidet er sich dadurch, dass die Wirkung des Mergels vornehmlich in Verbesserung der Bodenmischung, jene des Kalks aber im Zersetzen organischer und mineralischer Verbindungen zu suchen ist.

Behufs der Kalkung lässt man gebrannten Kalk in Haufen entweder mit Wasser besprengt oder auch nur mit Erde gut bedeckt (wo dann Regen und Thau Feuchtigkeit liefern) über das Feld vertheilen. Nach dem Zerfallen mischt man ihn mit Erde und streut ihn bei trockenem ruhigem Wetter möglichst gleichmässig aus.

Die Kalkung kann im Nothfalle wohl im Frühjahr geschehen, am besten aber wird sie im Herbste vorgenommen; sie eignet sich ganz vorzüglich für schweren zähen Thonboden, ferner für an schwer zersetzbaren organischen Stoffen reichen Boden wie: Moor-, Wiesen- und Waldboden — auch Neuland; desgleichen für Bodenarten, welche schon ursprünglich kalkarm sind, wie die durch Verwitterung von Granit, Gneiss, Porphyr, Glimmer, Schiefer, Thonschiefer etc. entstandenen.

Rauhes und kaltes Klima beeinträchtigt die Wirkung der Kalkung nicht wesentlich. Es ist dies in so fern wichtig, weil Bodenarten von vorhin genannter Beschaffenheit meist ein solches besitzen.

Die Pflanzen, denen eine Kalkung besonders zusagt, sind schon früher (S. 55) aufgeführt worden; doch zeigt sie sich durch das Löslichmachen von Bodenbestandtheilen überhaupt allen Pflanzen günstig. Es ist im Allgemeinen räthlich, öfter und mit geringeren Mengen, als selten und mit grösseren Mengen zu kalken. Je zäher und reicher der Boden an organischen Stoffen ist, desto stärker muss gekalkt werden. Als Maximum dürften 150—200 Hectol., als mittleres Mass 60—100 Hectol. per Hectar auf 6—10 Jahre angesehen werden. Es empfiehlt sich, mehrere Jahre hindurch eine Kalkung abwechselnd mit der nöthigen Stallmistdüngung folgen zu lassen.

Für die erfolgreiche Anwendung der Kalkung ist aber unerlässliche Bedingung, dass die der Entwässerung bedürftigen Felder vorher drainirt werden.

17. Schwefelsäurereiche Düngemittel (Sulphate).

Die Einführung des Gypses als Düngemittel, vor etwa einem Jahrhundert in Deutschland durch Mayer empfohlen, ist in diesem Lande und Oesterreich besonders Schubart von Kleefeld, in Amerika Franklin zu danken. Der Gyps, richtig verwendet, gehört unstreitig zu den wichtigsten speciellen Düngerarten.

Im Handel kommt er als feines mehr oder weniger weisses, in Wasser ziemlich schwer lösliches Pulver vor (gemahlener Gyps). Man unterscheidet gebrannten und ungebrannten Gyps, letzterer enthält 21% Wasser, ist also um 1/5 weniger werth. Das Wasser wird durch Brennen entfernt.

Er ist in der Regel ziemlich rein und enthält nur geringe Mengen werthloser Beimengungen.

Ueber die Anwendung und Wirkung des Gypses hat man folgende Erfahrungen gemacht:

1. Er muss möglichst fein gepulvert verwendet werden.

2. Er verlangt einen lockeren, trockenen, tiefgründigen, an Gyps nicht etwa schon reichen, aber auch nicht erschöpften Boden. Kalte und nasse Bodenarten sind ganz ungeeignet für eine Gypsdüngung.

3. Er ist ein Specialdünger für Klee, Luzerne, Esparsette und wirkt ferner sehr günstig auf Erbsen und andere Hülsenfrüchte, auch auf Buchweizen.

4. Man wendet Gyps fast ausschliessend nur als Kopfdünger bei den genannten Culturpflanzen an, indem man ihn im Frühjahre mit der Hand aus dem Säetuch oder mittelst Streumaschine bei windstillem Wetter auf die 7—10 Centim. hohen Pflanzen ausstreut.

5. Feuchtwarme Witterung ist Bedingung für die günstige Wirkung des Gypses. Ganz besonders auffallend ist die Wirkung, wenn nach dem Gypsen nebliges warmes Wetter eintritt; bei grosser Trockene bleibt er wirkungslos. Gypsung wird demnach vorzüglich für Landstriche von feuchtem, nicht zu rauhem Klima angezeigt sein.

6. Als ziemlich starke Gypsung betrachtet man 10 Centner per Hectar. Die Wirkung ist bei günstigen Verhältnissen schon nach 3—10 Tagen durch ein tieferes Grün wie üppigeren Stand

der Pflanzen wahrnehmbar und äussert sich zuweilen auch noch durch mehrere folgende Jahre.

7. Der Mehrertrag bei kleeartigen Pflanzen kann 25—50 Procent betragen, und zwar zeigt sich die Wirkung besonders in der kräftigen Stengelentwickelung, wie dies die auch in anderer Beziehung interessanten Versuche von Pincus nachgewiesen haben. Es wurden nämlich geerntet auf drei gleich grossen Parcellen

	ungegypst	gegypst	mit Bittersalz gedüngt
per Joch (5755 □Meter)	43 Centner	61 Centner	65 Centner
100 Centner des lufttrockenen Kleeheues enthielten:			
Blüthen und Blätter	44½ Ctr.	38½ Ctr.	37 Centner
Stengel	55½ „	61½ „	63 „
100 Gewichtstheile der Asche enthielten:			
Schwefelsäure . .	1½ Proc.	3 Proc.	4 Proc.
Kalkerde	27½ „	26 „	23¾ „

Was nun das „Wie“ und „Warum“ der Wirkung des Gypses anlangt, so ist man aller bisher aufgestellten Theorien ungeachtet noch keineswegs im Klaren, und das um so weniger, weil auch Seitens landwirthschaftlicher Erfahrungen über das „Wann“ der Wirksamkeit noch manches aufzuhellen bleibt.

Bei der Wichtigkeit der Streitfrage diene nur zur Orientirung, dass die Wirkungsursache des Gypses von den Einen vorzüglich entweder in seinem Schwefelsäure- oder in seinem Kalkerdegehalte oder in beiden, also in einer combinirt directen Wirkung gesucht wird; wogegen sie andere Autoritäten (Spatzier, Liebig) in dem Vermögen des schwefelsauren Kalkes zu finden glauben, womit dieser das kohlensaure Ammoniak der Luft zu zersetzen, das Ammoniak zu binden*) und so den Pflanzen zuzuführen im Stande sei. Noch Andere schreiben die günstige Wirkung einer Gypsung dem Umstande zu, dass durch den Gyps Pflanzennährstoffe im Boden, besonders Alkalien, löslich gemacht werden. Jedenfalls scheint die Schwefelsäure die Hauptrolle bei der Wirkung des Gypses zu spielen, da auch andere schwefelsäurehaltige, keine Kalkerde enthaltende Düngestoffe ebenso günstig wirken wie Gyps, wie dies aus dem Versuche von Pincus ersichtlich ist.

Von anderen Sulphaten sind noch zu nennen: schwefelsaure Talkerde, schwefelsaures Natron (Glaubersalz, als Abfallproduct

*) Neuere Versuche von Jenkins (Journ. f. prakt. Chem. [N. F.] 13. 239) zeigten, dass der Gyps eine nur sehr geringe Absorptionsfähigkeit für Ammoniak besitzt.

1000 Gewichtstheile enthalten	Künstlicher Gyps nach R. Hoffmann	Gyps aus Katharein nach Hanke	Pfannstein nach Heine	Dornstein nach Heine	Muckower Schwefelkohle nach R. Hoffmann	Abfall bei der Phosphorbereitung nach Bělohoubek	Oppelsdorfer Schwefelkohle nach Stöckhardt	Gyps aus Manderscheid nach Bělohoubek	Abfälle von der Sodabereitung nach Hoffmann	Gyps aus einer Stearinkerzenfabrik nach Hoffmann
Gyps	500	735	620	950	115	272 3/4	5	771 1/3	516	510
Schwefels. Bittererde .	—	—	—	—	—	—	—	8 1/4	—	—
Eisenvitriol	—	—	—	—	30	—	160	—	—	—
Schwefel	—	—	—	—	—	—	—	—	79 3/4	—
Phosphors. Kalk . .	—	—	—	—	—	83 1/2	—	—	—	—
Glaubersalz	—	—	—	—	—	—	—	—	51	—
Kalk	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	1/2	—
Kohlensaurer Kalk . .	—	10	10	10	5	85 1/2	50	—	182	220
Organische Stoffe . .	—	—	—	—	640	155 3/4	100	—	4	—
Wasser	—	195	—	—	—	116	—	213	166 3/4	—
Anderweitige Stoffe .	400	60	370	40	210	286 1/2	685	5 1/2		270
Schwefelsäure . .	295	430	390	507 1/2	82 1/2	160 1/2	85	459	303 1/2	300

bei der Salpetersäureerzeugung, Salpeterbrode genannt, Oppelsdorfer und Muckower Schwefelkohle und andere schwefelsäurehaltige Kohlen- und Torfaschen, endlich die als Abfälle bei der Stearinkerzen-, Holzessigsäure-, Soda- und Gaserzeugung (Gaskalk) und Salzgewinnung (Dornstein, Pfannenstein) sich ergebenden mehr oder weniger reinen Gypse. (Siehe Tabelle auf S. 477.)

Da die Natur den Gyps so spärlich liefert, hat man auch versucht, denselben künstlich darzustellen, was unter günstigen Verhältnissen in gypsarmen Ländern, wie z. B. Böhmen*), immerhin lohnend sein kann. Er kann erzeugt werden: aus Schwefelkies und denselben enthaltenden Mineralien oder aus jenen Grubenwassern, welche viel Schwefelsäure enthalten.

18. Chlor- und natriumhaltige Düngemittel.

Chlornatrium enthalten: das Stassfurter Abraumsalz, die bei der Gewinnung des Kochsalzes sich ergebenden Abfälle (Salinenabfälle), der Kesselstein, Pfannenstein u. s. w.; ferner das mehr oder weniger reine Kochsalz selbst, das bei einer der Erzeugungsarten von Kalisalpeter als Nebenproduct gewonnen wird. Reines Kochsalz ist in solchen Ländern, wo es Monopol der Regierung, schon des hohen Preises halber nicht als Dünger verwendbar; dafür wird aber ein für den menschlichen Genuss durch Beigabe von Kohle oder ähnlichen Stoffen untauglich gemachtes Salz als Düngesalz zu ermässigtem Preis verkauft.

Nach einer Analyse von R. Hoffmann enthalten 100 Gewichtstheile

	Düngesalz von Wieliczka	Abfallsalz bei Erzeugung von Kalisalpeter
Chlornatrium (Kochsalz) .	90	92
Schwefelsauren Kalk . .	1/2	—
Kohle	2	—
Salpetersaures Kali . .	—	2
Anderweitige Stoffe . .	7 1/2	6
	100	100

Die Wirkung des Abfallsalzes wird jedenfalls durch den Gehalt an Salpeter erhöht.

Ueber den Werth des Kochsalzes als Düngemittel hört man

*) Auf der Domaine Pürglitz werden aus den lagernden Alaunschiefern jährlich 2500 Centner Gyps bereitet und zu 1 fl. 52 kr. verkauft.

in der Praxis viele, meist sehr verschiedene Urtheile, welche jedoch mehr oder weniger irrthümlich sind.

Vorerst muss hervorgehoben werden, dass, wie schon mitgetheilt (S. 229), Chlor und Natron nicht zu den für das Pflanzenleben unumgänglich nöthigen Nährstoffen gerechnet werden können.

Weiter ist aber zu bemerken, dass kein Körper sich einer solchen Verbreitung in der Natur erfreut, wie das Kochsalz. Es findet sich in jedem Dünger und deshalb wird ein Mangel an Chlornatrium, selbst für den Fall seiner Nothwendigkeit für die Pflanzen, im Boden nicht so leicht eintreten können. Jedenfalls aber wird es einen grösseren Vortheil bieten, das Kochsalz als Viehlecksalz anzuwenden, da es auf diese Weise ja gleichfalls dem Boden zu gute kommt.

Was die Wirkung des Chlornatriums anbelangt, so trägt es allerdings zur leichteren Löslichmachung der im Boden befindlichen wichtigen Pflanzennährstoffe bei; auch dürfte nicht zu übersehen sein, dass unreines Kochsalz, vermöge seines Gehaltes an Chlormagnesium, die Eigenschaft hat, Wasser aus der Atmosphäre anzuziehen und demnach den Boden in trockenen Jahren feucht zu erhalten. In diesen indirecten Wirkungen scheint nun vorzüglich auch die unter Umständen beobachtete günstige Wirkung einer Kochsalzdüngung zu liegen.

Der ungünstigen Wirkung derselben auf den Stärkegehalt der Kartoffeln und den Zuckergehalt der Rüben wurde schon an anderer Stelle gedacht.

Die Bodenbearbeitung

und Regulirung der Vegetationsfactoren des Bodens.

An anderer Stelle (S. 80) wurde bereits die Wichtigkeit der physikalischen Eigenschaften des Bodens für die Pflanzencultur hervorgehoben. Der Landwirth vermag auf diese Eigenschaften entsprechend dem Bedürfnisse der zu cultivirenden Pflanzen bis zu einem gewissen Grade Einfluss zu nehmen. Man nennt die dabei in Anwendung kommenden mechanischen Verrichtungen die Bodenbearbeitung (mechanische Agricultur).

Eine rationelle Bodenbearbeitung verleiht dem Boden aber nicht allein die nöthigen physikalischen Eigenschaften und den Pflanzen den entsprechenden Standort, sondern sie befähigt gleichzeitig denselben zur möglichsten Ausnutzung der atmosphärischen Einflüsse (Luft, Frost, Nässe u. s. w.), welche den Verwitterungs- und Verwesungsprocess fördern und zur Bodenbildung beitragen. Dadurch, dass man den Boden wendet, lockert, mengt, entwässert u. s. w., unterstützt man die Wirkungen des Sauerstoffs, der Luft, des Wassers und des Frostes auf die mineralischen und organischen Bodenbestandtheile, diese werden in eine den Pflanzen zugänglichere Form übergeführt und so die disponible Bodenkraft vermehrt. Die Bodenbearbeitung wirkt sonach direct mechanisch und indirect chemisch auf die Qualität des Bodens und regulirt so dessen Vegetationsfactoren.

Damit ist auch der Zweck der Bodenbearbeitung präcisirt.

I. Die Urbarmachung.

Alle Verrichtungen, die nöthig sind, einen bisher noch nicht cultivirten Boden in ackerbares Land zu verwandeln, fasst man unter der Bezeichnung Urbarmachung zusammen. Die Urbarmachung begreift folglich auch den Umbruch von Wiesen, Waldungen und Weiden in sich. Der frisch aufgerissene Boden heisst Neuriss, Neuland.

Durch Urbarmachung werden alljährlich weite Strecken nutzlos daliegenden Landes der Cultur zugeführt, magere Weiden, Haiden, Torfmoor, die Umgegend verpestende Sümpfe*), Wälder, Teiche, Seen (Harlemer Meer, neuerdings Zuyder See) werden durch die Thätigkeit der Menschen in wohlbebaute Wiesen und Aecker verwandelt und nutzbar gemacht; ja selbst dem Meere trachtet der Mensch, wo es nur möglich, Boden zu entreissen und dort, wo einst „die Woge kam, die Woge ging", da finden wir bebautes Land, von dem sich viele Tausende nähren. Wer würde sich nicht hierbei der Marschen an der Westküste Schleswigs mit ihrer fabelhaften Fruchtbarkeit, an Hollands üppige Wiesenteppiche und Belgiens Saatfelder mit weltberühmten Erträgnissen erinnern?

Solche Umwandlungen nach Quadratmeilen zählender Gebiete in Ackerland erfordern jedoch so grossartige umfassende Arbeiten, dass sie nur von Regierungen und grossen Verwaltungskörpern unternommen werden können. Einzelne kleine Strecken wilden Landes, wie sie dem Landwirthe behufs Urbarmachung vorkommen, können wohl auch vorbereitende Operationen, wie z. B. Ausrodungen von Wald oder Gehölz, Fortschaffung von Steinen u. s. w. erheischen. Die eigentlichen, hier in Betracht kommenden Arbeiten, wie die Entwässerung, das Bodenbrennen, die Tiefcultur sind der vorhandenen Bodenart entsprechend zu verrichten und werden, je nachdem man es mit Sand-, Heide-, Torf- und Moor- oder auch Wald-Boden zu thun hat, verschiedener Art sein müssen.

Bei nassem Boden ist eine Trockenlegung die allen andern Verrichtungen vorangehende Arbeit; erst wenn der Boden vom Wasser befreit und der Luft möglichst viel Zutritt verschafft ist, kann ein Rigolen oder tiefes Pflügen oder dem vorangehend auch ein Brennen des Bodens stattfinden. Letzteres findet besonders bei

*) Durch die Entsumpfung der Theiss wurden neuerlich 217 Quadratmeilen besten Landes der Cultur überliefert und hiedurch zugleich die Ursache der dort herrschenden Krankheiten zum Wohle der Einwohner entfernt.

Heide-, Torf- und Moorboden Anwendung, wobei auch ein Niederbrennen von Gesträuche und Gestrüpp mit verbunden sein kann. Dabei erhält der Boden durch die Asche der Torfpflanzen den ersten Dünger. Rathsam ist es, den aufgerissenen Boden über Winter in rauher Furche liegen zu lassen und ihn zu kalken. Nicht immer jedoch ist eine Düngung nöthig, und es kann mancher Boden oft mehrere Jahre ohne Düngung bebaut werden, wie wir dies bei Hutweiden und anderem lange Zeit brach gelegenen Boden öfters erfahren; wohl aber wird bei Sandboden meist eine Düngung und auch eine durch Erdmischung vermehrte Bindigkeit nöthig werden.

Uebrigens ist neben einer Entwässerung auch eine vollkommene Bewässerung durchzuführen. Nur der Verbindung der Entwässerung mit Bewässerung ist es zu verdanken, dass der unfruchtbare Sand, der den grössten Theil Belgiens früher bedeckte, sich nun fast vollständig in das üppigste Culturland umgewandelt hat und blos ganz vereinzelte Stellen zeigen dem Reisenden, was das Land einst war — eine Sandwüste. Jetzt findet man dort die Landwirthschaft auf einer der höchsten Entwickelungsstufen, die herrlichsten Wiesenanlagen, die Felder bebaut mit Getreidearten, Hackfrüchten, Handelsgewächsen und Gemüsen, das Land durchschnitten von den trefflichsten Strassen, Canälen und Eisenbahnen. So ist Belgien ein Land geworden, in welchem der Nationalreichthum blüht, in welchem eine dichte Bevölkerung zu existiren vermag, wo freilich aber auch der Landwirth eifrig bemüht ist, unter Benützung der neuesten Fortschritte und mit Zuhilfenahme der Industrie, dem Boden die höchst möglichen Nutzungen abzugewinnen und wo uns überall die Segnungen einer weisen, für das Wohl des Volkes bedachten Regierung klar vor Augen treten.

II. Die Bearbeitung des Culturbodens.

Ein schon zu Pflanzencultur benützter Boden muss, wenn er nicht wieder verwildern, sondern weiter Culturpflanzen tragen soll, alljährlich zu bestimmten Zeiten wiederkehrenden Verrichtungen unterzogen werden, die man als Bodenbearbeitung im engeren Sinne oder Bestellung des Ackers bezeichnet. Diese Bestellung kann entweder durch einfache Werkzeuge (Schaufel, Spaten, Haue u. dgl.) oder durch grössere zusammengesetzte Geräthe und

Maschinen (Pflug, Haken, Egge u. a.) geschehen. Erstere Behandlungsart nennt man die Spatencultur, letztere die Ackerung. Zur Bodenbearbeitung zählen endlich auch jene nicht regelmässig wiederkehrenden Verrichtungen, welche sich auf Vertiefung der Ackerkrume, Erdmischung, Entwässerung des Bodens, Bodenbrennen u. a. m. beziehen und die man mit dem Ausdruck Verbesserungs- oder Meliorationsmittel des Bodens bezeichnet.

Diese einzelnen Verrichtungen der Bodenbearbeitung sollen in Folgendem kurz wissenschaftlich begründet werden. Rücksichtlich der Anweisungen zur praktischen Durchführung aller einzelnen Operationen muss auf die bekannten Handbücher des Ackerbaues verwiesen werden.

A. Die mechanischen Acte der Bodenbearbeitung.

1. Die Spatencultur.

Die Spatenarbeit ist unter allen Arten der Bodenbearbeitung, wenn auch die mühsamste und kostspieligste, so doch die beste, denn kein Pflug, selbst der vollkommenste, ist im Stande, auch nur annähernd das zu leisten, was der Spaten in des Menschen Hand. Bisher ist sie freilich in Europa nur bei höchst cultivirtem Boden, wie dem des Gartenlandes, und nur ausnahmsweise auf Feldern in einigen Gegenden Belgiens in Anwendung. Dagegen findet man sie in Japan als Regel eingeführt, dort ist die Haue, in deren Handhabung der Japanese eine bewundernswerthe Fertigkeit besitzt, fast das einzige Werkzeug zur Bodenbearbeitung. So einfach die bei der Spatencultur verwendeten Werkzeuge auch sind, so wird doch durch sie die Ackerkrume am vollkommensten gestürzt, gelockert, gemengt und zerkrümelt. Dies ist aber um so wichtiger, als der Effect vieler Maassnahmen des Landwirthes lediglich von einer gründlichen Mischung der Bodenbestandtheile abhängt, so z. B. wo es sich darum handelt den strohigen Stallmist, Mergel und andere ähnliche Düngemittel gleichmässig zu vertheilen oder bei der Vertiefung der Ackerkrume, wo es Hauptaufgabe ist, den todten Boden des Untergrundes mit der Krume gleichmässig zu mischen u. s. w.

An die reine Spatencultur schliesst sich als Uebergangsstufe zur Ackerung die meist mit der Drillcultur vereinte Bearbeitungsart bei Hackfrüchten. Es wird nämlich bei diesen Früchten der Boden auch während ihres Wachsthums bearbeitet und zwar geschieht dies entweder durch Menschen-

hand mit der Haue*) oder mit besonderen Geräthen, die man im Allgemeinen als Cultivatoren bezeichnet, wie z. B. die Reihenschaufler, Scarifikatoren, Exstirpatoren, Häufelpflüge, Grubber u. s. w.

Die Grubber sind vielfach als Ersatz des eigentlichen Pfluges in Gebrauch, sie bestehen aus einer Reihe von 3, 5, 7 oder 9 Scharen in einem kräftigen Gestell und reissen den Boden auf oder durchwühlen ihn, ohne zu wenden. Ein vorzüglicher Grubber ist der Traiprain Grubber.

Durch die mit dem Hackfruchtbau nothwendig verbundene sorgfältige Bearbeitung wird der Boden ausnehmend verbessert, indem durch eine solche selbst strenge Bodenarten gelockert und in weiterer Ausdehnung eine Vertiefung der Ackerkrume herbeigeführt wird.

Auch die Drillcultur (Reihensaat) ist als ein Fortschritt in der Bodenbearbeitung anzusehen; denn sie ermöglicht, dass auch Getreide-, Oel- und andere Pflanzen während ihres Wachsthums bearbeitet werden und eine eben so sorgfältige Behandlung, wie die Hackfrüchte, erfahren können. Wegen der starken Lockerung aber, die der Boden durch die Bearbeitung bei der Drillcultur erfährt, ist letztere bei schon an sich lockerem Boden (Sandboden) nicht anwendbar; in losem Sand dürfte sie wohl mehr schaden als nützen. Für schwere Bodenarten ist sie am angezeigtesten. Der Hackfruchtbau wie die Drillcultur, als Uebergangsstufen von der Spatencultur zur Ackerung, verdienen die vollste Würdigung der Landwirthe, indem beide zur Verbesserung des Bodens ausnehmend beitragen.

2. Die Ackerung.

Die Ackerung wird mit dem Pflug oder dem Haken in ihren verschiedenen Formen ausgeführt. Stürzung, Mengung, Lockerung und Zerkrümelung der einzelnen Bodentheilchen werden auch hier angestrebt, um dem Boden die nöthigen physikalischen Eigenschaften zu ertheilen und zugleich eine Wechselwirkung zwischen Boden und Luft zu ermöglichen. Je vollkommener dies durch ein Ackergeräth geschieht, desto vorzüglicher ist dasselbe.

---

*) Das Hacken erhält die Feuchtigkeit im Boden (der Franzose hat das Sprichwort „On arrose à la beche, à la charrue, à la houe à cheval), je lockerer daher die Oberfläche des Feldes gehalten wird, desto mehr Feuchtigkeit wird dem Boden conservirt. Man hackt, wenn der Boden eine Kruste bekommen hat, denn abgesehen von anderen Nachtheilen der Verkrustung, hat sie den, dass sie dem Boden Feuchtigkeit entzieht.

Das Stürzen der Ackerkrume soll die untersten Schichten nach oben an die Atmosphäre und die Erde der Oberfläche nach unten bringen. Das hiezu taugliche Ackergeräth muss demnach so gebaut und gestellt sein, dass es einen Bodenstreifen von der Sohle wagrecht, zugleich aber von der Seite senkrecht ablöst und ihn durch eine Drehung von 135 ^{0} umstürzt, wozu ein $^3/_8$ Schraubenumlauf gehört.*) Diese Verrichtung erfolgt am besten durch gute Pflüge, wie den Hohenheimer, Zugmaier'schen, Grignonpflug, Horsky's Ruchadlo ohne Unterackerungsschaar u. a. m.**) Ein Haken darf hiezu nicht angewendet werden, weil seine Construction ihn nicht zum Stürzen, sondern nur zur Lockerung und Krümelung befähigt.

Die erste Ackerung nach der Ernte bezeichnet man als Stürzfurche (Stoppelsturz) und die letzte vor dem Anbau als Saat-

*) Um eine vollständige Wendung im Sinne des Pfluges zu bewirken, braucht indessen die Windung des Streichbrettes nicht ganz $^3/_8$ Schraubenumlauf zu betragen, weil, wenn einmal die Drehung des Pflugschnittes um seine zweite Kante begonnen hat und bis etwa 35^0 vorangeschritten ist, der Stoss des Pfluges den Pflugschnitt bis zum vollständigen Umlegen treiben wird.

**) Nach Hamm lassen sich die zahlreichen Formen der Pflugwerkzeuge folgendermassen classificiren:

A. Haken; Pflugwerkzeuge ohne Streichbrett, welche den Boden blos aufwühlen, nicht wenden.

1. Ruhrhaken, welche den Boden blos aufreissen oder ruhren;
   a. mit Unterstützung des Grindels durch
      α. ein vollkommenes Vordergestell und zwei Räder,
      β. zwei am Grindel angebrachte Räder ungleichen Durchmessers,
      γ. ein Laufrad.
      δ. eine Schuhstelze im Kopfe des Grindels.
         aa. Einscharig.
         bb. Mehrscharig.

(Die nämlichen Unterabtheilungen gelten auch für alle wirklichen Pflüge)

2. Krümelhaken, bei denen dem Schar ein Abweisebret hinzugefügt ist, an welchem die losgebrochene Erde zerbricht.

B. Pflüge, charakterisirt durch Vorhandensein eines Streichbretts.

I. Krümler (gewöhnlich Schar und Streichbrett in einen Theil vereinigt); sie krümeln das Erdreich, ohne es zu wenden.
   AA. Beetpflüge.
   BB. Glattpflüge.
      aa. Einscharige.
      bb. Wechselpflüge.
         α. die am Ende der Furche nur das Streichbrett wechseln,
         β. welche den ganzen Pflugkörper auf die andere Seite stellen.
      cc. Mehrscharige.
      dd. Doppelstreichbrettpflüge (Häufler).

II. Wendepflüge, deren Streichbrett den vom Schar und Sech losgeschnittenen Erdstreifen völlig oder in einem Winkel wendet.
   1. Steilwender.
   2. Flachwender.

1851 trat zuerst der Dampfpflug auf. Gegenwärtig findet der Fowler'sche Dampfpflug und der von Greig und Eyth die meiste Beachtung.

furche. Auf die häufig vernehmbare Frage, wie oft ein Feld zwischen Stürzackerung und Saatfurche geackert werden solle? lässt sich nur antworten, dass hierüber im Allgemeinen die Bodenbeschaffenheit und die zu bauende Frucht entscheiden muss. Auf schwerem Boden, namentlich wenn derselbe nass und eisenhaltig ist, ist mehrmaliges Pflügen unerlässlich, da in diesem, wenn nicht durch fleissige Ackerung für steten Luftzutritt gesorgt wird, leicht schädliches Eisenoxydulsalz sich bildet. Durch das öftere Pflügen schweren und meist auch nassen Bodens wird derselbe trockener. Leichte Bodenarten dürfen dagegen wegen zu grosser Austrocknung nicht zu oft gepflügt werden.

Schon seit den ältesten Zeiten hat die landwirthschaftliche Praxis eigene Bezeichnungen für die verschiedenen Furchen der ersten, zweiten, dritten und weiteren Ackerung eingeführt, als: Stürzfurche, Wendefurche, Rührfurche, Düngerfurche, Saatfurche u. s. w.

Die auf die Stürzfurche folgenden Ackerungen, Rührfurchen, haben im Allgemeinen den Zweck, den Boden zu mischen. Deshalb soll man nicht wie bei der Stürzfurche im Wesentlichen nur eine Stürzung, sondern auch eine Zerkrümelung und zugleich Mengung der Erden des abgeschnittenen Erdstreifens vor Augen behalten. Diesem Zweck entsprechen aber die meisten der in Gebrauch stehenden Geräthe nicht vollkommen. Noch am besten eignet sich hierzu das Ruchadlo, und zwar in ebenen Gegenden ohne, in gebirgigen mit Streichbrett; auch der Perzhaken ist gut zur Krümelung verwendbar.

Den Zeitraum zwischen zwei Ackerungen bezeichnet der Landwirth als Abliegenlassen oder Abruhen des Ackers.

Während dieser scheinbaren Ruhe sind aber die stetig wirkenden chemischen Processe im Boden in voller Thätigkeit, um das Löslichmachen der Bodenbestandtheile zu bewirken. Die mineralischen Stoffe verwittern und die untergepflügten organischen Stoffe der Unkräuter, Stoppeln u. dgl. verwesen, wodurch auch eine Veränderung in der Consistenz des Bodens eintritt. Der Boden wird lockerer, milder, nimmt an Volumen zu (er geht auf, wie man in der Praxis sagt) und seine Farbe wird immer dunkler, beinahe schwarz. Der Landwirth bezeichnet diesen Zustand als „Gahre“. Der Boden hat dadurch die günstige chemische und physikalische Beschaffenheit für das Wachsthum der Pflanzen erlangt. Soll überhaupt die Gahre eintreten, so muss der Ackerboden alle Pflanzennährstoffe in genügender Menge enthalten; besonders ist aber eine Düngung mit organischen Substanzen (guter Stallmist u. s. w.) nothwendig. Ausser der entsprechenden Bearbeitung nehmen aber

auch alle jene Vorgänge Antheil an der Hervorbringung der Gahre, durch welche, wie schon erwähnt, die physikalischen Eigenschaften des Bodens wesentlich verbessert werden (z. B. die Trockenlegung nasser Aecker u. A. m.).

Ueber die Zeitdauer des Abruhens eines Ackers lässt sich nur so viel bestimmen, dass, je schwerer der Boden, desto längere Zeit hierzu nöthig ist. Im Winter oder bei einer anhaltend wechselnden, feuchten und warmen Witterung kann der Zeitraum verkürzt, bei einer anhaltend trockenen oder dürren muss er hingegen verlängert werden. Die Gahre erkennt man an der lockeren, elastischen Beschaffenheit des Bodens und dem Zerfallen der grossen Bruchstücke. Vor der Gahre des Bodens soll nicht geackert werden, d. h. die Wendefurche nicht eher auf die Stürzfurche folgen, bevor nicht die untergepflügten Pflanzenreste möglichst verwest sind.

Das Abliegenlassen geschieht entweder in rauher Furche, so nämlich erscheint sie durch die nach dem Ackern entstehenden ungleichen Bruchstücke, oder in geeggtem oder gewalztem Zustande. Rauhe Furche ist besonders für das Ueberwintern angezeigt, weil die grössern und kleinern Erdschollen der Atmosphäre viel mehr und grössere Oberflächen darbieten und dem Froste am besten gestatten, seine Wirkung zu üben. Die Verwitterung geht in Folge dessen rascher vor sich, der Boden aber trocknet auch früher aus. In trockenen Gegenden vermeidet man daher auch das Pflügen im Frühjahr, um die Winterfeuchtigkeit im Boden zu bewahren.

Das Abliegenlassen des Ackers gewährt demnach einen wesentlichen Nutzen. „Vor dem Winter gepflügt ist halb gedüngt," sagt das alte Sprichwort und wir können in der That dem Landwirthe nicht nachdrücklich genug empfehlen, den Stoppelsturz stets noch vor Winter vorzunehmen und nach einiger Zeit ein tiefes Zwiebrachen (Wendefurche) folgen zu lassen. Das zwecklose Liegenbleiben des Stoppelfeldes bis zum Frühjahre kann dem Landwirthe nur zu grossem Schaden gereichen, denn mit jedem Tage längeren Liegenbleibens des Stoppelfeldes vermehren sich nur die Schwierigkeiten, Nachtheile und Kosten der weiteren Cultur.

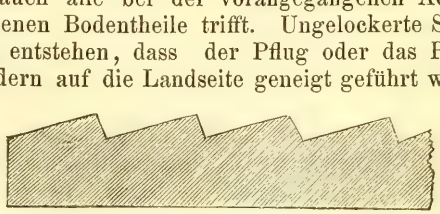
Das Einhalten der gehörigen Tiefe der Furche ist sehr wichtig und wohl zu beachten. Dieselbe hat sich im Wesentlichen nach den zu bauenden Früchten zu richten, falls die Beschaffenheit des Untergrundes nicht etwa dort Grenzen setzt, wo es sich um die tiefgehenden Wurzeln so mancher Feldfrüchte handelt. Freilich ist es nicht immer möglich, so tief zu ackern, wie manche Wurzeln in den Boden zu dringen vermögen, wie z. B. jene der Kleearten Luzerne und Esparsette; ein möglichst tiefes Pflügen ist aber stets anzustreben, denn je tiefer und leichter eine Pflanze

ihre Wurzeln eindringen lassen kann, desto mehr Nahrung kann sie auch aufnehmen und desto kräftiger wird die Pflanze gedeihen.

Eine Pflugfurche von 8—13 Centim. Tiefe bezeichnet man als flach
„ „ „ 13—20 „ „ „ „ „ mitteltief
„ „ „ 20—25 „ „ „ „ „ tief
„ „ „ 25—32 „ „ „ „ „ sehr tief

Bei den Winterhalmfrüchten ist eine Ackerung von 12—15 Ctm., bei den Sommerhalmfrüchten von 10—12 Ctm., für Kartoffeln 15—18 Ctm., für Raps und Rüben 20—25 Ctm. eine entsprechende Tiefe, obwohl auch eine bedeutendere Tiefe den Früchten immer sehr zu statten kommt. Es ist aber nicht nöthig, ja sogar nachtheilig, dass bei jeder Pflugfurche der Boden sogleich bis zur angegebenen Tiefe aufgerissen werde. Man muss als Regel festhalten, dass nie zwei Ackerungen von gleicher Tiefe sich folgen sollen, immer aber soll die Rührfurche die Saatfurche untergreifen, um eine bessere Mengung der Erde zu veranlassen.

Kann der Stürzfurche noch im Herbste eine zweite Furche (Zwiebrache) folgen, so soll erstere die seichteste sein; ist aber die Stürzfurche zugleich Saatfurche oder Winterfurche, so muss sie die jeder dieser beiden entsprechende Tiefe erhalten. Die Stürzfurche, wie die Düngefurche, sollen nur mässig tief, erstere 7—10 Ctm., letztere 5—7 Ctm. sein, denn es müssen die untergebrachten organischen Reste verwesen, was nur in mässiger Tiefe und bei Feuchtigkeit und Luftzutritt möglich ist. Hat man überhaupt nicht die Absicht, die Ackerkrume zu vertiefen, so darf das Feld bei der tiefsten Furche nur bis zur bisher eingehaltenen Tiefe gepflügt werden, weil sonst unbearbeiteter Boden mit der Ackerkrume vermengt wird, was unter Umständen nachtheilig wirken kann. Bei mehreren Furchen der Herbstbestellung muss die letzte Winterfurche immer die tiefste sein, um die Erde bis zur festgestellten Tiefe der Ackerung zu mengen; dabei ist eine Querackerung besonders angezeigt, da sie die Lockerung und Mengung besser bewirkt und auch alle bei der vorangegangenen Ackerung unbearbeitet gelassenen Bodentheile trifft. Ungelockerte Stellen können z. B. dadurch entstehen, dass der Pflug oder das Ruchadlo nicht wagrecht, sondern auf die Landseite geneigt geführt wird. In Folge



dessen wird auch der Erdstreif nur in schiefer Richtung abgeschnitten und der Boden dann nur in Kämmen etwa in vorstehender

Form aufgelockert. Eine ebenfalls unvollkommene Bearbeitung erfolgt, wenn bei dem Haken die Spitze viel tiefer als die Flügel eingreift.

Die Breite der Pflugfurche richtet sich nach dem Boden und dem Zwecke des Pflügens. Je bindiger der Boden, desto schmäler müssen die Furchen sein, weil ersterer sonst nicht entsprechend gelockert wird. Die angemessenste Breite der Furchen ist für Thonboden 15—20 Centim., für Sandboden 30—35 Centim. Die breitesten Furchen können bei der Stürzfurche gegeben werden; nimmt man breitere Furchen als das Schar ist, so bleiben ungelockerte Erdstreifen übrig.*)

Für die Richtung der Furchen ist die physikalische Beschaffenheit des Bodens maassgebend. Bei leichtem, lockerem Boden ist die Ackerung in möglichst wagrechter Richtung, soweit dies die Lage erlaubt, eine unerlässliche Bedingung, um Wasserrisse und Abschwemmungen zu verhindern und um dem Boden auch die nöthige Feuchtigkeit zu erhalten. Bei schwerem Boden hingegen ist ein mässiges Gefälle der Furchen wegen des Wasserablaufs wünschenswerth.

Das Zusammenlegen der Furchen in einzelne Beete nennt man „Beetbau", der zur Ableitung des Wassers auf schwerem, nassem Boden wesentliche Bedingung zur Cultur ist. Dabei sind aber namentlich die schmalen Beete (Bifänge) eine Bodenverschwendung, auch wintern die Pflanzen in den Beetfurchen leicht aus. Auf schwerem, bindigem Boden gewähren allerdings solche Beete bessere Durchlüftung, Abtrocknung, Erwärmung des Bodens und daher frühere Pflanzenentwickelung.

Je wagrechter die Lage des Feldes ist und einen je bindigeren und nasseren Boden es hat, desso schmäler und höher müssen die einzelnen Beete angelegt werden, um ihnen verhältnissmässig eine grosse Oberfläche zu geben und zu ermöglichen, dass sich das Regen- und Schneewasser in den Beetfurchen ansammeln kann. Wo aber Entwässerung möglich und der Boden ein leichterer ist, sind Bifänge nur schädlich, weil sie das Austrocknen solchen ohnehin zur Trockene neigenden Bodens nur befördern. Dennoch findet man Bifänge noch immer häufig genug auch auf leichterem Boden angewendet.

Die Zeitbestimmung zur Ackerung bleibt immer eine schwierige Aufgabe, weil diese Bestimmung von der Beschaffenheit

---

*) Nach Schneitler soll sich die Furchenbreite zur Furchentiefe verhalten wie 1,4142 : 1, wenn die Kämme die verhältnissmässig grösste Oberfläche darbieten sollen.

des Bodens, von der zu bauenden Frucht und anderen Umständen abhängig ist. Es lassen sich daher nur allgemeine Grundsätze aufstellen. Das Pflügen, namentlich von Thon- und Lettenboden, ist bei zu nasser wie bei zu trockener Bodenbeschaffenheit nachtheilig und soll unterbleiben. Bei zu grosser Nässe ballt sich der Boden, krümelt aber nicht, wodurch die Bodentheilchen eine zu geschlossene Oberfläche bilden; ausserdem lassen sich die so entstehenden Schollen später nur schwierig zertheilen und werden der weiteren Cultur vielfach hinderlich. Am wenigsten nachtheilig wirkt nasse Ackerung, wenn das Feld über Winter in rauher Furche liegen soll. Bei der Ackerung zu trockenen Bodens wird eine gleichmässige Wendung und Mengung äusserst schwierig. Sandboden, wie lehmiger Sandboden, soll nur in feuchtem Zustande gepflügt werden; am nachtheiligsten ist dessen Bearbeitung in ganz trockenem Zustande und bei zu grosser Dürre, weil ihm hierdurch der letzte Rest von Feuchtigkeit genommen wird.

Die Zeit der Aussaat übt auf den Zeitpunkt der Ackerung insofern Einfluss, als letztere nach der Frucht bestimmt wird, welche angebaut werden soll. Für Winterfrüchte, welche überhaupt zeitig gebaut werden müssen, z. B. Winterraps, bleibt nur wenig Zeit zu den Ackerungen; mehr zu den später zu bauenden, z. B. Winterweizen.

3. Das Eggen.

In ähnlicher Weise, wie der Pflug den Spaten, soll die Egge den Rechen ersetzen, d. i. die grösseren Bodentheile krümeln, den Boden ebnen und seine hart getrocknete Kruste lockern. Alles dies geschieht um so vollkommener, je rascher sich die Egge bewegt; daher man auch zum Zuge der Egge sich des schnelleren Pferdes statt des Ochsen bedient. Das Quereggen und ebenso das Rundeggen befördern die Zwecke des Eggens sehr wesentlich.

Wegen der guten Mischung ist die Egge auch zum Unterbringen der Saat, falls es sich nicht um Reihencultur handelt, sehr verwendbar; ebenso wird die Zerstörung flachwurzelnder Unkräuter von der Egge befriedigend zu Stande gebracht.

Bei schüttigem Boden kann die Egge unter extremen Feuchtigkeitsverhältnissen angewandt werden, ohne wesentlich zu schaden, bei starkbindigem Boden aber ist die Eggenarbeit nur bei normalem Feuchtigkeitszustande möglich. Auf mürben Boden ist die Egge nur mit Vorsicht anzuwenden.

Eine der besten Eggenarten ist die englische Zickzackegge.

4. Das Walzen.

Ueber den Nutzen des Walzens waren bis in die neuere Zeit vielfach unrichtige Vorstellungen verbreitet. Man nahm nämlich an, dass mit der Ebnung der Ackeroberfläche die Verdunstung verringert und durch die gebundene Oberfläche der Boden feuchter erhalten werde. Nach Nessler's Versuchen hat sich aber herausgestellt, dass, je dichter die Erde ist, um so mehr und besser sie die Feuchtigkeit leitet; wird also ein Boden gewalzt, so zieht er aus den unteren Schichten die Feuchtigkeit empor, die Oberfläche wird dadurch wohl feuchter, aber die unteren Schichten trocknen um so mehr aus. Beim Keimen und der ersten Entwickelung der Pflanzen ist die grössere Feuchtigkeit an der Oberfläche jedenfalls erwünscht, unter Umständen kann aber auch das Walzen eine ungünstige Nachwirkung dadurch haben, dass der Boden erheblich mehr Wasser verliert. Wenn man aber weiss, dass der dichte Boden je nach Umständen in der gleichen Zeit zwei- auch dreimal mehr Wasser verliert, als der lockere, dann wird man nach Mitteln suchen, die Vortheile des Walzens zu erreichen, aber doch die zu grosse Verdunstung möglichst zu vermindern. Solche Mittel sind: entweder nach dem Walzen wieder ganz leicht aufzueggen oder solche Walzen zu verwenden, die kleine Erhöhungen und Vertiefungen auf dem Felde zurücklassen.

Das Walzen bewirkt ferner das Eindrücken der Saat in den Boden, wodurch die Körner besser mit Erde bedeckt werden und schneller zum Keimen gelangen; auch ist das Walzen das beste Mittel, die Schollen zu zerkrümeln, die beim Ackern mancher Bodenarten häufig entstehen. Dadurch, dass der Acker eine gebundenere Oberfläche erhält, ist er endlich auch weniger dem Wegwehen von Erde durch Winde ausgesetzt.

Nach dem Unterpflügen von Klee oder strohigem Dünger, besonders bei schwerem Boden, ist das Walzen ebenfalls von Nutzen, weil dadurch die Erdtheilchen an die oft hohl liegenden organischen Reste angedrückt werden und dadurch letztere zur schnelleren Zersetzung gelangen.

Wie beim Pflügen und Eggen, so muss auch für das Walzen der Zeitpunkt richtig gewählt sein, wenn man nicht mehr schaden als nützen will. Das Walzen darf man besonders bei Thonboden in feuchtem Zustande nicht zu rasch nach dem Pflügen vornehmen, weil sich sonst die Oberfläche verschmiert, so dass beim Austrocknen eine zu harte Kruste entsteht, die dem Aufgehen der Saat hinder-

lich ist. Daraus folgt aber nicht, dass man bei solchem Boden so lange wartet, bis er ganz dürr ist; denn dann würden die Schollen von der Walze sich nicht mehr zerkrümeln lassen.

Je nach der Construction der Walzen wird übrigens deren Arbeit etwas modificirt. Man hat bekanntlich glatte Walzen, Ringelwalzen, Zacken- und Zapfenwalzen, sowie Stachelwalzen.

Die glatten Walzen wirken nur durch ihre Schwere auf den Boden, die Ringelwalzen üben dicht an dem Boden einen etwas kräftigeren Effect als die glatten Walzen, auch zertrümmern sie die grösseren Brocken und Klösse besser, die Zackenwalze (Crosskillwalze) ist ein echter Schollenbrecher und besonders für sehr schweren, zähen Boden geeignet, bei weniger schweren Böden kann die Zapfenwalze den Schollenbrecher ersetzen. Die Stachelwalze (Howard'sche) wird bei starkbindigen, sehr zähen Böden mit starken festen Krusten und bei scholliger und klossiger Beschaffenheit angewendet. In der Regel gehen drei Stachelwalzen hinter einander.

Sowohl die glatte und Ringel- als auch die Zacken- und Zapfenwalze werden vielfach dazu benützt, um weniger dicke Krusten zu brechen und um die Bodenoberfläche dadurch zu öffnen. Zum Lockern des verkrusteten Bodens werden die Walzen besonders bei jungen Rübenpflänzchen, Lein und Raps anwendbar sein. Eisbein in Höningen hat von diesem Verfahren ganz ausgezeichnete Resultate gehabt und benutzt die Walze noch, wenn die Rüben schon vier Blätter entwickelt haben.

5. Die Tiefcultur.

Das Tiefpflügen, Pflugspaten, Rigolen und Untergrundpflügen haben den Zweck, die Mächtigkeit der Ackerkrume zu vergrössern. Dadurch, dass der Boden tiefer gelockert wird, können die atmosphärischen Einflüsse ihre Wirkung bis zu einer grösseren Tiefe äussern und dadurch die Zersetzung mineralischer und organischer Stoffe befördert werden. Je tiefer die Ackerkrume ist, desto tiefer können auch die Wurzeln eindringen und desto mehr Nebenwurzeln können sich bilden und ausbreiten, welche dann die Nahrung aus viel weiterem Umfange der Pflanze zuführen. Das Wurzelsystem der Pflanzen wird demnach durch Tiefcultur wesentlich verstärkt, die Pflanze reichlicher genährt und dadurch um so kräftiger entwickelt. Sie muss folglich bessere und reichlichere Früchte tragen und hiemit eine Ernteteigerung eintreten.

Ein tief bearbeiteter Boden hat aber noch in mancher anderen Beziehung einen viel höheren Werth als ein seichtgründiger. Nicht nur liefern die Früchte einen besseren Ertrag, sie sind auch vor dem Missrathen durch Frost, Dürre und Nässe mehr gesichert. Der Frost schadet darum weniger, weil die Pflanzen, überhaupt kräftiger entwickelt, seiner Wirkung leichter widerstehen können. Je tiefer die Bodenbearbeitung reicht, desto tiefer kann einerseits die Feuchtigkeit bei Dürre eindringen, andererseits ein grosser Ueberschuss von Feuchtigkeit leichter verdunsten. Es wird ferner durch die tiefere Bearbeitung der Anbau von Früchten mit tiefgehenden Wurzeln überhaupt erst ermöglicht. Endlich wird durch eine vertiefte Ackerkrume das Lagern der Halmfrüchte verhütet, indem diese sich kräftiger bestocken können. Es wird also der Werth des Bodens in so vielfacher Beziehung erhöht, dass es wohl nicht Wunder nehmen kann, die „Tiefcultur" immer mehr zum Stichworte der Tagesliteratur werden zu sehen.

Die Vertiefung der Ackerkrume wird daher jeder Landwirth, der seinem Boden den höchsten Ertrag abgewinnen will, anstreben, wobei aber mit Vorsicht und unter Berücksichtigung aller obwaltenden Umstände vorgegangen werden muss. Es erscheint um so nothwendiger, die einzelnen hiefür maassgebenden Punkte hervorzuheben, je grösser die Verluste werden können, welche eine unvorsichtige oder kenntnisslose Vertiefung der Ackerkrume verursacht.

Geradezu unmöglich ist die Vertiefung der Ackerkrume dort, wo letztere unmittelbar auf Felsen ruht, wie dies im Gebirge bei Verwitterungsboden fast immer der Fall ist; desgleichen, wenn der Untergrund aus Geschiebe, Gerölle oder Sand besteht, wie vielfach in angeschwemmtem Lande, oder auch bei versumpftem Untergrunde, bevor nicht das Wasser zuvor abgeleitet wurde.

Wo die Möglichkeit einer Vertiefung der Ackerkrume vorhanden, ist vor allem zu erwägen, dass durch die Vertiefung auch eine mächtigere Bodenschichte entsteht, welche genügend mit Pflanzennährmitteln, folglich mit einer stärkeren Düngung, versorgt werden muss. Man schreite also niemals zur Vertiefung, bevor man nicht über die erforderliche Düngermenge verfügen kann.*)

Bei Vertiefung der Ackerkrume gilt als Regel, nur langsam vorzugehen und zwar von 1 zu 1 oder höchstens 2 Ctm. Tiefe,

*) Funke empfiehlt eine modificirte Tiefcultur, bei welcher man Stalldünger zur Krume und künstlichen Dünger zum Untergrunde nimmt. Mit Hilfe des von ihm construirten Untergrunddüngepfluges kann ein concentrirter Dünger in die tieferen Schichten des Bodens gebracht werden. Die diesbezüglichen Versuche ergaben in Hohenheim sehr günstige Resultate.

weil nachgewiesen ist, dass zu viel todter Boden des Untergrundes mit Ackerkrume vermengt, immer nachtheilig auf die Fruchtbarkeit der letzteren wirkt, deshalb, weil zu viel unverwitterter und unbearbeiteter Boden, der oft nicht die entsprechenden physikalischen Eigenschaften und die nöthigen Pflanzennährmittel, oder letztere doch wenigstens nicht in entsprechender Form, ja unter Umständen sogar für die Pflanze schädliche Stoffe enthält, der Krume beigemischt wird. Es ist daher anzurathen, der eigentlichen Vertiefung ein Lockern des Untergrundes vorhergehen zu lassen, ohne denselben noch mit der Krume zu vermengen und erst im darauf folgenden Jahre die Vertiefung vorzunehmen. Durch das blosse Auflockern des Untergrundes wird schon gewonnen, dass der Luftzutritt und mit diesem die Wirkung aller sonstigen atmosphärischen Einflüsse ermöglicht ist. Zunächst wirkt der Sauerstoff der Luft wohlthätig oxydirend ein und wandelt die im Untergrunde stets vorhandenen Eisenoxydulsalze in unschädliches Eisenoxyd um. Wasser, theilweise mit löslichen Stoffen aus der Ackerkrume gesättigt, dringt ein, der Verwesungs- und Verwitterungsprocess wird eingeleitet und selbst die Pflanzenwurzeln beginnen in den erweiterten und gelockerten Boden sich Bahn zu brechen.

Soll eine eigentliche Vertiefung der Ackerkrume vorgenommen werden, so muss das immer vor dem Winter geschehen, damit die Bodentheile des Untergrundes an die Luft gebracht, längere Zeit deren Einwirkungen ausgesetzt bleiben können und der Verwitterungsprocess recht rasch vor sich gehe.

Daher ist es zur bessern Lockerung auch gut 1—2 Ackerungen mehr als gewöhnlich zu geben. Ist der aufgebrachte Untergrund ein schwerer, eisenschüssiger, thoniger Boden, so muss er noch eine starke Düngung mit Aetzkalk erhalten, weil dieser die Zersetzung mineralischer Bodenbestandtheile befördert. Im äussersten Falle müsste der Boden gebrannt werden. Hat man es mit einem Untergrund zu thun, der von einer gleichmässigen Beschaffenheit mit der Krume, also „ruhender“ Boden ist, so erscheinen jene Vorsichtsmassregeln minder nöthig, zweifelhaften oder entgegengesetzten Falles dürfen sie aber nicht ausser Acht gelassen werden, wobei für die Art der Durchführung die natürliche Beschaffenheit des Untergrundes maassgebend bleibt. Fischer schlägt vor, auf dem Felde, welches man vertiefen will, zuerst nur einzelne Stellen von höchstens 1 Quadratmeter Umfang zu vertiefen und mit dem Untergrunde zu mischen; die Ernte wird dann Antwort geben, ob die Vertiefung überhaupt räthlich, ob sie allmälig oder sofort ins Werk gesetzt werden kann, und in letzterem Falle kann man eingedenk der in England so beliebten Gesangsstrophe:

„Nur tief gepflügt, nur tief gepflügt, denn unten liegt das Gold!“ die Vertiefung der Ackerkrume beruhigt vornehmen.

Wie die Spatencultur den Zweck der Bodenbearbeitung am vorzüglichsten erreicht, so erlangt man eine Vertiefung der Ackerkrume am besten durch das freilich gleichfalls kostspielige

Rigolen (auch Rajolen benannt) mit der Rode oder Stockhaue und dem Spaten, wobei man bei abhängiger Lage des Feldes am tiefsten Punkte anfängt, den Untergrund nach oben und die Steine zur Seite schafft. Man kann das Rigolen auch mit eigenen Pflügen, den sogenannten Rigolpflügen vornehmen, deren Leistung aber keinesfalls so vorzüglich wie die Rigolarbeit mit Handwerkzeugen ist; bei steinigem Grunde sind die Pflüge gar nicht anwendbar. Der Sack'sche Rigolpflug leistet wohl noch das Beste, nächst ihm der „Wanzlebener“; vielmehr Zugkraft verlangt schon der amerikanische Rigolpflug. Beim Rigolen muss festgehalten werden, dass nicht nur eine Vertiefung der Krume, sondern auch eine Stürzung, Wendung, Lockerung und Krümelung stattfinden soll.

Den Uebergang von dem Rigolen mit Handwerkzeugen zu der Vertiefung durch Ackergeräthe bildet das sogenannte Spatpflügen, wobei in der von einem Pfluge gezogenen Furche eine Anzahl Arbeiter, 12—16, nach dem Pflügen den Boden bis zur verlangten Tiefe von der Furchensohle ausheben und über die Pflugstreifen ausbreiten. Es kommt so der Untergrund vollkommen nach oben auf die umgewendete Ackerkrume zu liegen, aber ein vollkommenes Mengen findet nicht statt; doch wird die gute Erde immer in einer von den Wurzeln noch erreichbaren Tiefe sein, und es kann folglich eine sehr vollkommene Bestockung stattfinden. Das Spatpflügen ist eine theoretisch vollkommen begründete Bodenbearbeitung, deren Rentabilität durch die Praxis vielseitig bestätigt ist. Ein interessantes Beispiel hierfür lieferten Versuche von Schmidt in Möhringen bei Stettin, wo per Morgen (2553 □Meter) erzielt wurden:

	Möhren	Kartoffeln	Zuckerrüben
	Preuss. Scheffel (à 55 Liter)		Preuss. Centner
Mit Spatpflug bearbeitet . . .	344	108	156,16
Mit Rigolpflug bearbeitet . . .	316	84	152,08
Mit Untergrundpflug bearbeitet .	258	82	148,72
Zur gewöhnlichen Tiefe gepflügt .	204	60	156,64
Spatencultur	352	100	132,16

Die Nachfrucht, Gerste, lieferte	Körner. Scheffel (à 55 Liter)	Stroh. Centner
Mit Spatpflug bearbeitet	23	20,10
Mit Rigolpflug bearbeitet . . .	19 1/2	16,51
Mit Untergrundpflug bearbeitet .	19 1/2	16,50
Gewöhnlich gepflügt	16	16,50
Spatencultur	21	18,00

In mehren Gegenden Hannovers und der Niederlande, wo sich Eisenoxydulsalze besonders häufig im Untergrunde finden, ist das Spatpflügen eine alle 8—10 Jahre in Anwendung kommende Culturarbeit. Die allmälige Vertiefung der Ackerkrume bis zu 20 oder 25 Ctm. kann auch mit jedem gewöhnlichen guten Pfluge nach und nach geschehen, indem man letzteren bei jedesmaliger Anwendung entsprechend tiefer gehen lässt; wo es sich aber um bedeutendere Vertiefung handelt, bedient man sich des Tief- oder Rigolpfluges.

Eine Vertiefung und zugleich ausgezeichnete Mengung der Ackerkrume mit der Untergrunderde geschieht durch das „Doppelpflügen", wobei in einer Furche zwei Pflüge hintereinander gehen und der zweite tiefer als der erste eingreift, so dass jener die Untergrunderde über den von letzterem gewendeten Erdstreifen wirft.

Wo man den Untergrund nur lockern will, ohne ihn mit der Ackerkrume zu mengen, wendet man die eigens hierzu construirten „Untergrundpflüge" an, welche hinter einem gewöhnlichen Pfluge folgen und die unter der Furchensohle liegende Erdschichte lockern. Unter die vorzüglichsten gehört der Pietzpuhler Untergrundpflug, der aber durch den neuern Read'schen Pflug in vielen Gegenden verdrängt wird. Derselbe ist so construirt, dass er die im Untergrunde aufgewühlte Erde, ohne sie heraufzubringen, auch zerkrümelt.

Der Horsky'sche Wühlpflug vereinigt Ober- und Untergrundpflug in ein Geräthe, mit welchem die eigentliche Krume beliebig tief gewendet, aber zugleich der Untergrund gelockert werden kann.

In neuerer Zeit wendet man auf Anregung Hamm's auch Dynamit mit Erfolg zur Lockerung des Untergrundes an; doch will die Sprengcultur*) mittelst Dynamit mit der nöthigen Rücksicht auf die obwaltenden Verhältnisse ausgeführt sein. Nach

*) Die sich für den Gegenstand Interessirenden verweise ich auf Hamm's Schriftchen „die Sprengcultur", in welchem alle bisher gemachten Erfahrungen und Versuchsergebnisse über die Anwendung des Dynamit in der Bodencultur zusammengestellt sind.

Hamm's Erhebungen lässt sich von dieser neuen Culturmethode behaupten

1. Die Lockerung des Bodens durch Dynamit ist möglich, aber nur in völlig festem, nicht nachgiebigem Erdreich.

2. Anwendbar mit praktischem Nutzen ist sie nur in Ausnahmefällen, wie: Vertilgung von Schmarotzern (Reblaus), Entfernung von Felsbänken und anderen Culturhindernissen, Oeffnung einer undurchlassenden Schicht (Pan, Ortstein), Vorbereitung für Erdaushebungen.

3. In grösserem Maasse ausführbar ist sie aber nur auf durch ihre Lage besonders werthvollen Grundstücken.

6. Die Erdmischung.

Die Erdmischung bezweckt, die Erde aus dem Untergrund oder von einem andern Orte der Ackerkrume beizumischen, um deren physikalische Eigenschaften zu verbessern.

Enthält die beigemischte Erde auch Pflanzennährmittel, so ist sie zugleich Düngung.

Gewöhnlich handelt es sich aber zunächst entweder nur um die Lockerung von zu bindigem Boden durch Sand, Kies, Sandmergel, Schutt, Moorerde, Torf u. s. w. oder um Verbesserung eines aus zu viel Sand bestehenden Ackers mittelst Zufuhr von Thon. Dass eine Lockerung zu bindigen Bodens sehr oft von günstigstem Erfolge sein wird, ist sowohl theoretisch begründet, als durch die Praxis bewährt. In den meisten Fällen aber, selbst unter örtlich günstigen Umständen, wird es immer eine sehr kostspielige Operation bleiben; denn welch' grosse Masse von Sand z. B. herbeigeschafft werden müsste, um einen zu bindigen Acker nur mit vier Procent Sand zu verbessern, zeigt folgende Rechnung: Ein Joch Bodenfläche 1600 Quadratklafter, gleich 57600 Quadratfuss (5755 □Meter) Erde mittlerer Consistenz von 6 Zoll (15,8 Ctm.) Tiefe wiegt beiläufig 2 Millionen Pfund; denn ein Kubikfuss fasst 75 Pfund, 57,600 Kubikfuss demnach 4,320,000 Pfund. Da wir aber die Ackerkrume nur zu 6 Zoll Tiefe annehmen, ergeben sich 2,160,000 Pfund. Dieser Erdmasse sollen nun 4 Procent, also der 25te Theil Sand beigegeben, daher per Joch 86,400 Pfund Sand aufgeführt werden, wozu wenigstens 80—90 Fuhren nöthig sind, die jedenfalls mit bedeutenden Kosten verbunden sind, da man nur selten über Sandlager auf dem Lande oder in Flüssen und Teichen in der Nähe zu verfügen hat. Könnte man dagegen

diese 4 Procent Sand durch blosse Vertiefung der Krume aus dem Untergrunde erlangen, so wäre eine Tieferackerung von nur etwa 1/4 Zoll erforderlich; denn ein Erdstreifen von 1 Zoll Tiefe per Joch, also 1/6 von 6 Zoll Tiefe, wäre gleich 360,000 Pfund.

Wo ein zu sandiger Boden durch Auffuhr von Thon bindiger gemacht werden soll, häufen sich noch die Schwierigkeiten und Kosten und man bleibt in der Praxis auf Benützung des Untergrundes angewiesen.

Die Erdmischung, wo sie überhaupt in Folge günstiger Umstände durchführbar ist, bleibt jedenfalls ein wesentliches Bodenverbesserungsmittel, dem aber ein genauer Ueberschlag der Kosten stets vorangehen soll, um zu wissen, ob letztere mit dem erreichbaren Nutzen in Einklang stehen.

B. Die Regulirung der physikalischen und chemischen Vegetationsfactoren des Bodens.

1. Die Entwässerung des Bodens.*)

Die Trockenlegung nasser Ländereien ist eines der wichtigsten Hilfsmittel zur Verbesserung des Bodens; richtig angewendet kann sie allein staunenswerthe Resultate erzielen und ohne vermehrte Düngung auf Jahre hinaus die Fruchtbarkeit des Bodens erhöhen. Viele Quadratmeilen versumpften, mit sauren Gräsern bedeckten Landes können so in die fruchtbarsten Felder oder Wiesen umgeschaffen werden, wie die neuester Zeit bewirkten Entsumpfungen an der Theis, Sawe, der unteren Donau und anderen Gegenden dargethan haben. Erwägt man ferner, dass abgesehen von den Verlusten, welche solche versumpfte und daher nutzlose Landstrecken für den Nationalreichthum sind, die Lufttemperatur in weitem Umkreis durch ausgedehnte Sümpfe vermindert, Nebel und Reif befördert wird und dass durch die schädlichen, sich entwickelnden Luftarten (Miasmen) auch die Gesundheit der Bewohner zu leiden hat, so wird man den wohlthätigen Einfluss einer rationellen Entwässerung auf die Abstellung solcher Uebel und auf die Erhöhung des Nationalreichthums vollständig begreifen.

Uebrigens wird das Gedeihen von Culturpflanzen durch die

---

*) Auch an dieser Stelle sei das Werk Fr. W. Toussaint's „Die Bodencultur und das Wasser" Breslau, J. M. Kern's Verlag, bestens empfohlen.

Befreiung des Bodens von stehendem (stagnirendem) Wasser überhaupt erst ermöglicht, denn selbst wenn letzteres auch nur im Untergrunde vorhanden ist, übt es auf die Vegetation den verderblichsten Einfluss. Im Bereiche des stehenden Wassers nehmen die chemischen Processe schon in Folge des abgehaltenen Sauerstoffs einen anderen, für die Culturpflanzen nachtheiligen Verlauf, indem statt nützlicher, schädliche Stoffe, wie Eisenoxydulsalz, Schwefelverbindungen und Kohlenwasserstoffgase erzeugt werden. Selbst der bloss mit Wasser vollgesogene, der „nasse" Boden, ist den Culturpflanzen schon nachtheilig, da er die Bodenbearbeitung ungemein erschwert. Wird solcher Boden nicht entwässert, so faulen Samen und Wurzeln, der geringste Frost reicht hin, solche Felder mit einer Eiskruste zu überziehen, der Schnee lagert viel länger in den Furchen und Vertiefungen und die Pflanzen wintern häufiger aus. Durch Verdunstung des zu vielen Wassers bleibt solcher Boden stets um mehrere Grade kälter, als ein entwässerter Boden.*)

Die Luft über nassem Boden zeigt sich stets kühl und feucht, der Boden selbst im Herbst und Frühjahr mit einer dünnen Eiskruste überzogen. Sehr schädlich wirkt besonders die Ansammlung des Wassers während der Wintermonate, da es im Frühjahre, wo die Lufttemperatur noch eine geringe ist, dem Boden vollends die Wärme entzieht, die er zum Keimen und Wachsen der jungen Pflanzen so dringend bedarf. Endlich bildet sich auf mit Wasser gesättigtem Boden kein Thau und die Wärme, welcher dieser dem Boden mittheilt, indem er im Augenblicke seines Entstehens wärmer als der Boden ist, geht ebenfalls verloren.

Mit der Trockenlegung nassen Bodens schwindet auch die demselben eigenthümliche Vegetation. Auf der sumpfigen Wiese, die nur rauhe, dicke, von den Hausthieren unberührt gelassene Pflanzen: Binsen, Sumpfschildfarren, Schachtelhalmarten, Seggen, Wollgras, Schilfgras, Glanzgras, Simse, Kuhblume, Sumpfweideröschen u. s. w. hervorbrachte, gedeihen nun die besten Futterkräuter. Der nasse Ackerboden, der als solcher nur spärliche Ernten liefern konnte, deren Qualität durch Bitterling, Bitterklee und andere

*) Wie bedeutend diese Abkühlung des Bodens sein muss, zeigt folgende Berechnung. Die Menge des einem Joch (5755 □ Meter) Land jährlich zukommenden Wassers wird auf $4^1/_4$ Million Pfund geschätzt; erfahrungsgemäss versickert hievon unter günstigen Verhältnissen etwa die Hälfte in den Untergrund; ist nun dieser undurchlässig, so bleiben die übrigen zwei Millionen im Boden und müssen zur Verdunstung gelangen; durch diese aber wird dem Joch Bodenfläche eine solche Wärmemenge entzogen, dass das Verbrennen von 280 Klaftern Holz erforderlich wäre, um jene Wärmemenge zu erzeugen.

Pflanzen des Sumpfbodens beeinträchtigt war, vermag entwässert reichliche Ernten von vorzüglicherer Qualität zu bringen; das Verhältniss der Körner zum Stroh wird ein günstiges, die auf entsumpftem Boden gebauten Pflanzen sind weniger den Krankheiten unterworfen und alle Nachtheile des von den Landwirthen mit Recht so sehr gefürchteten sauren Bodens werden vermieden.

Ursachen der zu grossen Nässe.

Allzugrosse Nässe des Bodens kann veranlasst werden: durch Tagewasser, durch Quellwasser und durch Stauwasser.

Die Versumpfung durch Tagewasser (Wasser der atmosphärischen Niederschläge S. 172) tritt ein, wenn die Krume aus undurchlässigem Boden besteht, das Wasser nicht einsickern kann und folglich zu Tage bleibt. Die Art der Versumpfung richtet sich je nach den periodisch grösseren oder geringeren Niederschlägen. Am meisten wird solcher Boden im Frühjahre durch Nässe zu leiden haben; ist er uneben, so wird sich das Wasser in den Vertiefungen ansammeln und während diese versumpfen, werden die höher gelegenen Stellen zu trocken sein.

Versumpfung durch Quellwasser erfolgt, wenn das Wasser atmosphärischer Niederschläge von der obersten Bodenschichte zwar durchgelassen wird, aber auf undurchlässigen Untergrund gelangt, auf dem es sich ausbreitet, bei geneigter Fläche herabgleitet, und entweder am Abhange den Boden versumpft, oder an einzelnen tieferen Stellen sich ansammelt, dort den Boden durchnässt, erweicht und „Wassergallen“ bildet, oder endlich wenn es als Quelle mit gehindertem Wasserabfluss zu Tage kommt.

Die Versumpfung durch Stauwasser wird überall dort eintreten, wo der Abfluss gehindert ist. Das Wasser übt als schwerer tropfbarflüssiger Körper einen Druck nicht nur auf die Unterlage, sondern auch auf höher gelegene Bodenstellen aus und so vermag ein Bächlein, ja selbst die unbedeutendste Quelle allmählich einen ganzen Thalgrund zu versumpfen. Noch rascher kann die Versumpfung durch einen benachbarten Teich, See oder Fluss erfolgen, wenn der Grund des Bettes aus Sand besteht. Man braucht in der Nähe solcher Gewässer im Sandboden nur nachzugraben, um in geringer Tiefe Wasser zu finden, das, den Boden durchziehend, in die benachbarten Gründe dringt und dieselben versumpfen kann.

Bei Durchführung der Entwässerung, welche in der Regel beträchtliche Kosten beansprucht, ist es meist nothwendig, einen bewährten Cultur-Ingenieur zu Rathe zu ziehen und zu erwägen,

ob der zu erzielende mögliche Nutzen zu dem nöthigen Geldaufwande in richtigem Verhältnisse stehe; denn nicht nur ist eine Entwässerungsanlage nicht überall ausführbar, sondern sie zeigt sich auch nicht überall lohnend genug.

Bei Ausführung jeder Entwässerungsarbeit handelt es sich zunächst um

Ableitung des Tagewassers,

sobald dessen Menge zu bedeutend oder der Boden ein undurchlässiger ist. Kommt das Wasser von Bergen und Höhen auf abhängig gelegene Felder, so entstehen entweder Erdabschwemmungen oder Erdeinrisse, durch die, namentlich im gebirgigen Lande und bei steiler Lage, dem Landwirth der empfindlichste, weil nur schwer ersetzbare Schaden zugefügt wird. Es ist daher für solche Gegenden nicht dringend genug die Instandhaltung der Wasserfurchen, welche das Tagewasser ableiten, anzuempfehlen. Nach jeder die Wasserfurche zerstörenden Culturarbeit, muss dieselbe gleich wieder hergestellt werden. Die Wasserfurchen haben übrigens nicht allein den Zweck, das überflüssige Wasser von schwerem, undurchlässigem Boden zur Verhütung von Versumpfungen abzuleiten, sondern ihm auch in lockerem Boden einen solchen Ablauf zu geben, dass keine Abschwemmungen von Erdtheilchen stattfinden; deshalb müssen auch, je nachdem dieser oder jener Zweck angestrebt wird, die Wasserfurchen gezogen werden. Handelt es sich z. B. darum, steile Felder mit leichtem Boden vor Abschwemmung zu schützen, so müssen die Wasserfurchen ein möglichst geringes Gefälle haben, damit keine Erdrisse entstehen. Bei solchen Feldern ist ohnehin eine Versumpfung nicht zu befürchten, daher das Verhindern von Abschwemmung Hauptzweck. Bei schwerem, undurchlassendem, zur Versumpfung geneigtem Boden hingegen ist das Ableiten des Wassers der Hauptzweck der Wasserfurchen, hier können sie schon ein bedeutenderes Gefälle haben, weil Erdrisse und Abschwemmungen in bindigem Boden kaum zu besorgen sind.

Die Wasserfurchen werden je nach Umständen 4—8 Meter von einander angelegt. Je dichter und kürzer sie laufen, desto weniger Wasser kann sich in ihnen ansammeln und desto weniger entstehen Einrisse. Aus demselben Grunde sind die Wasserfurchen bei mässigem Gefälle so zu führen, dass die Abdachung des Feldes der Quere nach durchschnitten wird.

Hat das Feld eine bedeutende Ausdehnung, so durchzieht man es behufs der Wasserableitung mit einem oder einigen seichten Gräben (Fluggräben), die auch noch den Vortheil haben, dass man

sich bei der Richtung und Legung der Furchen nach ihnen richten kann.

Schwieriger ist es, von einem ganz eben gelegenen Acker Wasser abzuleiten; hier muss den Fluggräben durch allmähliches Vertiefen das nöthige Gefälle gegeben werden, sie nehmen die kurzen Wasserfurchen auf und münden in Senkgruben, die in eine durchlässige Erdschichte reichen.

Ableitung des Quell- und Stauwassers.

Die Ableitung des Quell- und Stauwassers verursacht schon bei weitem mehr Kosten, als die Fortschaffung überschüssigen Tagwassers von der Oberfläche der Aecker; denn hier müssen die geologischen Verhältnisse nicht nur des nassen Bodens, sondern auch seiner nächsten Umgebung einer Untersuchung unterzogen werden, um vor allem den Grund der Versumpfung zu erforschen. Es wird dann nicht selten gelingen, dem Uebel schon am Orte seines Entstehens oft durch ganz einfache Mittel zu steuern. Solche Mittel lassen sich immer erst nach der Oertlichkeit bemessen, bestehen aber gewöhnlich im Fassen und Ableiten von höher befindlichen Quellen, oder in deren Unschädlichmachung mittelst Schlagen von Bohrlöchern durch eine undurchlässige Erdschichte, über welche niederrieselndes Wasser einer versumpften Stelle hinabgleitet. Noch zweckmässiger als dieses Mittel ist ein an passender Stelle angelegter Saugschacht, d. i. eine nach unten verengte Grube, welche je nach Erforderniss 3 bis 7 Meter tief sein kann; in die Mitte ihrer Sohle wird ein Bohrloch so tief getrieben, bis es eine durchlässige Schichte erreicht. Zur Verhütung des Verstopfens wird eine Röhre eingesetzt und die Grube mit Bruchstein und dergleichen lockeren Materialien ausgefüllt. Solche Saugschächte lassen sich unter günstigen Umständen auch zur Entsumpfung selbst anwenden, indem man sie an der tiefsten Stelle einer versumpften Mulde anlegt.

Erst dort, wo die Ursachen der Versumpfung örtlicher Hindernisse wegen mit gewöhnlichen Mitteln nicht zu bewältigen sind, muss zu dem kostspieligen Mittel eigentlicher Entwässerung geschritten, nach sorgfältigem Nivellement der Plan entworfen und die ganze Anlage in ein vollständiges System gebracht werden. Die Durchführung kann entweder mit offenen oder mit gedeckten Gräben geschehen.

1. Offene Gräben haben unter vielen Nachtheilen auch die, dass sie der Ackerbestellung hinderlich und ein Verlust an Land

sind. Wo thunlich, ist es gut an ihrem Ausflusse Erdfänge anzulegen, um die vom Wasser fortgerissenen Erdtheilchen aufzufangen und wieder zur Benützung gelangen zu lassen.

Die Anlage offener Gräben eignet sich besonders für Torf- und Moorboden. Wie günstig sie unter Umständen wirken können, beweisen die nordwesteuropäischen Veencolonien, wo man durch systematisch angelegte Kanäle den unfruchtbarsten Moorboden allmählich tauglich für die reichste Getreidecultur gemacht hat. Von besonderem Interesse und für manche Gegenden von hoher praktischer Wichtigkeit ist das von Rimpau zuerst in Cunrau (Provinz Sachsen) angewendete Moorculturverfahren.*) Rimpau scheidet die nassen Moorböden durch breite und tiefe Gräben in Beete und breitet den aus den letzteren gehobenen Sand, der sich unterhalb der Moorschicht findet, in der Höhe bis 10,5 Centimeter aus, ohne ihn mit der Krume zu vermischen. Hierauf wird mit Kalisalzen und Phosphoritmehl kräftig gedüngt und so bestellte Felder liefern dann ganz erstaunliche Erträge. Das Charakteristische des Rimpau'schen Verfahrens ist die Sanddecke, welche eine genügende Entwässerung des Bodens theils durch Ableitung des Wassers, theils durch Erhöhung des Terrains und eine energische Lüftung und dadurch Entsäuerung des Bodens bewirkt; auch wird durch die Sanddecke der Moorboden gegen die schädlichen Frühjahrsfröste geschützt und die Culturpflanzen erhalten einen festen Standort. Die von Rimpau eingehaltene Fruchtfolge ist: Hafer, Wickenfutter oder Erbsen, Roggen oder Weizen, Kartoffeln, Gerste oder Hafer mit rothem Klee und italienischem Raygras eingesäet, Klee oder Oelfrucht. Auf den älteren Dämmen tritt häufig ein Lagern des Getreides ein, das daher rührt, dass sich in den oberen Schichten bedeutende Mengen von Salpetersäure und besonders Ammoniak aufspeichern, ohne dass eine erhebliche procentische Abnahme des Gesammtstickstoffes zu bemerken wäre.

In Holland hat man in etwas anderer Weise blühende Colonien auf Moorboden geschaffen. Man legte von den Mooren Kanäle bis zu den Städten, verarbeitete hierauf den Boden bis ca. drei Fuss über dem Grundwasserspiegel zu Torf, den man auf den Kanälen den Städten als Brennmaterial zuführte und schaffte den städtischen Kloakendünger und angesammelten Schutt auf demselben Wege zur rationellen Düngung auf den Bruchboden.

2. Gedeckte Gräben. Drainage. Wenn auch viel kost-

*) Man vergl. die Arbeiten von Holdefleiss, Pagel, Osswald und Märker über die Moorsubstanz und die Rimpau'sche Dammcultur-Methode in Landw. Jahrbücher 1877 Bd. VI. Supplementheft.

spieliger, so bieten gedeckte Gräben sehr bedeutende Vorzüge vor den offenen und sollten überall da angewendet werden, wo ein bedeutenderes Gefälle nothwendig ist. Man unterscheidet Erddauchen, Torfdrains, Ziegeldrains, Pflugdrains und Röhrendrains.

a) Erddauchen sind mit Steinen, Holz, Reissig und ähnlichen Bestandtheilen lose ausgefüllte Kanäle, die gut angelegt ganz zweckentsprechend sind, aber voraussetzen, dass das hierzu nöthige Material in ausreichender Menge in der Nähe vorhanden, was bei Kanälen von grösserer Länge selten der Fall ist.

b) Torfdrains werden durch zwei Torfstücke zusammengesetzt, von denen jedes mit einem halbkreisförmigen Ausschnitt versehen ist, so dass sie aufeinander gepasst in der Mitte eine runde Oeffnung bilden. So in den Graben gelegt, entsteht ein nach Bedarf langer Abzugskanal.

c) Ziegeldrains werden durch gewöhnliche halbkreisförmige Hohlziegel hergestellt, die entweder auf Flachziegeln oder unmittelbar auf der Grabensohle der Länge nach gelegt werden, so dass eine ununterbrochene Rinne entsteht.

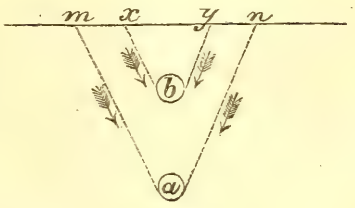
Alle vorgenannten Drains müssen mit losen Gesteinen, Reisig, Sand u. dgl. 5—8 Centim. hoch bedeckt werden, damit das Wasser durch diese Decke leicht durchsickere und die Pflugscharen sie nicht berühren können.

d) Die Röhrendrainirung ist die jetzt üblichste und wo vom Drainiren überhaupt die Rede ist, versteht man jetzt vorzugsweise die Entwässerung durch Röhren.

Drainröhren werden aus Thon gepresst und scharf gebrannt. Ihre Güte kennzeichnet sich durch hellen Klang und durch etwas verglaste Masse, sie müssen dicht und hart zugleich sein. Als beste Form gilt die des Hohlcylinders, welcher der Bewegung des Wassers den geringsten Widerstand leistet, so dass es mit grösserer Geschwindigkeit abfliessen kann und man den Röhren auch nur einen geringen Umfang zu geben braucht. Nebstdem leistet die runde Form der Wandung gegen äusseren Druck den grössten Widerstand. Der Durchmesser der Röhre richtet sich nach der Menge des abzuleitenden Wassers und wechselt je nach diesem Verhältnisse zwischen 2,5 und 10 Centim. Grössere Weite verlangsamt den Wasserabfluss, führt leicht zu Versandungen und erhöht nutzlos die Kosten. Zu geringe Weite erschwert den Wasserabfluss und kann bei Rückstauung leicht ein Austreten aus den Stossfugen herbeiführen. Die einzelnen Röhren werden entweder auf die Grabensohle mit den Mündungen dicht an einander gelegt, oder dort, wo Verschlämmungen zu befürchten sind, „Muffe“

angewendet, gebrannte 8—10 Centim. breite Thonringe, in welche zwei Röhrenmündungen so gesteckt werden, dass die Berührungsstelle geschlossen ist. Die aneinandergereihten einzelnen Röhrenstücke bilden den Drainstrang oder die Drainleitung. Dabei unterscheidet man wieder zwischen Saugdrains und Sammeldrains. Die ersteren saugen gleichsam aus dem überliegenden Boden das Wasser, das die Fugen der Muffe und selbst die porösen Thonwände durchdringt; die Sammeldrains nehmen das Wasser der Saugdrains, welche unter spitzen Winkeln in jene einmünden müssen, um es abzuleiten.

Ueber die Tiefe der anzulegenden Drainzüge lässt sich keine allgemeine Regel aufstellen, weil für jeden einzelnen Fall örtliche Verhältnisse, besonders die Bodenbeschaffenheit, maassgebend sind. Leichter Boden kann, ja muss, wegen der geringeren wasserabsorbirenden Kraft des Sandbodens, seichter drainirt werden, um in trockenen Jahren nicht durch Dürre zu leiden. Das verschiedene Verhalten der leichten und schweren Bodenarten erfordert also für die Drainirung verschiedene Tiefen. Neuerer Zeit huldigt man dem Grundsatze Parkes, nach welchem eine Drainirung je tiefer um so besser sei, und nimmt als Minimum der Tiefe 1,25 Meter an. Die Tiefdrainage ist in der That nicht nur wirksamer, sondern kommt auch deshalb billiger zu stehen, weil die Drains vor starken Frösten bewahrt bleiben. Tiefe Drains können nicht so leicht durch eindringende Pflanzenwurzeln verstopft werden und entwässern eine grössere Bodenfläche besser als seicht liegende, weil das Wasser auch in schräger Richtung zufliesst und die entwässerte Bodenfläche *mn* offenbar grösser ist als *xy*. Aus letzterem Grunde können tiefe Drains auch in weiteren Entfernungen von einander liegen, wodurch weniger Röhren nöthig sind. So hat sich z. B. in Woburn (England) gezeigt, dass man zur Herstellung vollkommen gleichmässiger Entwässerung Drains von 3 Fuss Tiefe, nicht weiter als 3 Fuss; dagegen bei einer Tiefe von 4 Fuss schon in Zwischenräumen von 30 Fuss legen konnte. Hieraus ergibt sich, dass man im ersten Falle per Joch etwa 64,800 Fuss, im letzteren hingegen nur 43,200 Fuss brauchen würde. Endlich verdient tiefere Drainage auch darum den Vorzug, weil ein Verlust an Pflanzennährmitteln durch das Drainwasser um so weniger zu befürchten ist, je tiefer die Drains liegen.



Die Entfernung der Drains von einander darf in der Regel nicht weiter sein als nöthig ist, um das Wasser dem dazwischen liegenden Boden zu entziehen. Hierbei ist in erster Linie die Beschaffenheit des Bodens zu berücksichtigen; je bindiger der Boden ist, desto mehr Widerstand leistet er dem durchsickernden Wasser und desto näher aneinander werden die Drains gelegt werden müssen.

Die Länge der einzelnen Drains ist bedingt von der abzuleitenden Wassermenge, dem Gefälle, der Entfernung und der Weite der Röhren, und muss so geregelt werden, dass in bestimmter Zeit alles Wasser, das von dem Drain aufgenommen werden soll, abfliessen kann.

Ein Verstopfen der Röhren erfolgt häufig kurz nach dem Legen; haben aber die Röhren sich einmal in den Boden festgelegt, so ist ein Verschlämmen nur selten. Das allmähliche Verschlämmen durch Erdtheilchen, das schwer zu verhindern ist, erfolgt namentlich bei zu schwachem Gefälle und bei feinkörnigem Sandboden; wohl sucht man es durch Muffe zu hindern, selten aber gelingt dies. Bei sehr eisenschüssigem Boden bilden sich nicht selten Niederschläge in den Röhren, die dadurch entstehen, dass aufgelöstes humussaures Eisenoxydul mit dem Wasser in die Röhren gelangt und dort in Folge von Oxydation unlöslich wird. Robert Peel lieferte die Analyse eines solchen Niederschlages, er enthielt:

Sand, Thon	49,2
Eisenoxyde	27,8
Organische Stoffe . . .	23,0
	100,0

Auch kohlensaures Eisenoxydul und bei kalkhaltigem Boden kohlensaurer Kalk können sich in den Röhren ablagern. Zuweilen werden die Röhren durch im Innern sich ansetzende Pilze und Flechten oder durch eindringende Wurzeln verstopft.

e) Die Pflug- oder Maulwurfsdrains lässt man kanalähnlich mit dem kegelförmigen Schar eines Drain- oder Maulwurfspfluges im Boden ziehen. Sie sind nur im Thonboden ausführbar. Da sie leicht einsinken, müssen sie jährlich erneuert werden, was jedoch bei dem geringen Kostenaufwand nicht von Bedeutung ist. In England sind sie auf Wiesen- und Weideland in Anwendung.

Nutzen und Wirkung der Drainage.

Des grossen Nutzens, welcher der Pflanzencultur aus der Entwässerung überhaupt erwächst, gedachten wir schon. Die günstige

Wirkung der Drainage speciell äussert sich darin, dass der Boden wärmer, bearbeitungsfähiger wird, die Düngemittel kräftiger wirken, der Verwesungs- und Verwitterungsprocess energischer verläuft, der Pflanzenwuchs befördert und Früchte von besserer Qualität producirt werden. Die Drainage leitet nicht nur alles schädliche Quell- und Stauwasser ab, sondern schafft auch das oft massenhaft strömende Regenwasser rasch hinweg. Da letzteres gewöhnlich die Temperatur der Luft hat, gewährt es ein Mittel, dem Boden auch in tieferen Lagen Wärme zuzuführen; ferner wird nicht nur das überflüssige Wasser dem Boden oberhalb der Drains entzogen, sondern es wird bei nassem Boden auch die schädliche Wirkung des aus dem Untergrund empordringenden Wassers gehindert. Wie bedeutend die Wärmeerhöhung im Boden durch Drainage wird, zeigt sich recht deutlich in Schottland, wo schon seit etwa 30 Jahren die Beobachtung sich bestätigt, dass in drainirtem Boden Saat und Ernte um 10—14 Tage früher, als in nicht drainirtem Boden stattfinden kann. Uebrigens wird das Gesagte auch durch directe von Parkes über Temperaturerhöhung durch Drainage angestellte Versuche dargethan. Der Boden war ein Brachfeld, von dem ein Theil in einer Tiefe von 3 Fuss drainirt war. Vor der Drainirung betrug die Temperatur des Bodens in der Tiefe von $2^1/_2$ Fuss $+ 7^1/_2{}^0$, nach der Drainage stieg sie auf $+ 9^0$ und erst bei 4 Fuss Tiefe fand kein Wechsel mehr statt. Als Mittelzahl von 35 Beobachtungen ergab sich bei der Drainirung eine Temperaturerhöhung von $+ 5^1/_2$ Grad.

Eine jedenfalls überraschende Erscheinung, die aber durch Erfahrung in vielen Ländern hinlänglich bestätigt wird, ist die, dass drainirter Boden in trockenen Jahren immer höhere Erträge liefert, als nicht drainirter. Wenn auch noch nicht alle Gründe für diese Erscheinung klar gelegt sind, so ist dafür jedenfalls der Umstand von Wichtigkeit, dass die Wurzeln im drainirten Boden tiefer eindringen, sich kräftiger entwickeln und verzweigen und demnach auch aus den weniger der Austrocknung unterworfenen unteren Erdlagen Wasser aufnehmen können.

Nicht minder wichtig ist die Thatsache, dass durch Drainirung dem Boden Luft zugeführt wird. Das niedersickernde Wasser drückt die vorhandene Luft mit herab, was ein Nachdringen frischer Luft zur Folge hat. Daher erfrischt ein Regen drainirten Boden nicht nur durch das Wasser und führt den tieferen Schichten nicht allein alle aus der Atmosphäre aufgenommenen Stoffe, sondern mit diesen zugleich auch frische Luft zu. Diese so günstige Wirkung veranlasste Versuche, um Luftzutritt durch künstliche Mittel zu vermehren und Drainage selbst dort anzuwenden, wo Wasserableitung

nicht nöthig war. Es wurden an den den Ausflussmündungen der Drains gegenüberliegenden Enden offene Röhren senkrecht eingesetzt, die man ins Freie über den Boden ragen liess oder sie sogar (nach Hooibrenk) unter den Rost eines eigenen Ofens leitete, um verstärkte Luftcirculation herbeizuführen. Ueber den Werth oder Unwerth solcher „Luftcirculationsdrains" ist noch nicht endgiltig abzuurtheilen, da, wenn auch der günstige Einfluss der Luftcirculation überhaupt, besonders auch auf die Pflanzenwurzeln, ausser Zweifel steht, noch nicht nachgewiesen ist, ob ein solcher vermehrter Luftzutritt durch Circulationsdrains auch wirklich stattfinde. Neuere Versuche von Risler ziehen dies sehr in Zweifel; sie zeigen, dass durch Circulationsdrains die Luftbewegung durch den Boden nicht nur nicht befördert, sondern sogar noch verringert wird, indem bei diesen an beiden Enden offenen Drains der Luftstrom nur durch die Röhre, bei den gewöhnlichen Drains aber durch den Boden und die Röhren stattfindet. Dies erklärt sich dadurch, dass bei den gewöhnlichen Drains in den Röhren durch das ablaufende Wasser ein etwas luftverdünnter Raum entsteht, in Folge dessen die äussere Luft durch den Boden in die Röhren eindringt; während bei Drains mit Röhrenaufsätzen keine Luftcirculation durch den Boden stattfindet, weil das Gleichgewicht der Luft inner- und ausserhalb derselben eben durch die Luftzüge nach aussen sich immer wieder herstellt. Versuche mit einem entsprechenden Apparate bestätigen diese Erklärung. Der Apparat besteht aus einer Flasche, die am Boden mit einem Hahne versehen ist und in deren Hals ein Trichter, mit Erde angefüllt, luftdicht eingefügt ist. Wasser, das oben auf die Erde gegossen wird, fliesst aus dem Hahn 3—4mal rascher ab, als wenn der Trichter mit Erde nur lose auf die Flasche gesetzt wird.

Das Eindringen des Wassers in gewöhnliche Drainröhren geschieht im wesentlichen durch die Stossfugen und es lässt sich durch Berechnung nachweisen, dass diese Fugen vollkommen zum Eindringen des abfliessenden Wassers ausreichen. Durch die Wandungen der Röhren dringt nur der geringste Theil des Wassers. Man hat wohl versucht, poröse Thonröhren zu erzeugen, um das Eindringen des Wassers zu beschleunigen, ist aber wieder davon abgekommen, weil die Röhren hierdurch nur an Festigkeit verloren und die Poren sich sehr bald verstopften.

Genug, durch die Drainage wird die überschüssige Nässe vollkommen und rasch aus dem Boden entfernt, wie wir denn im Frühjahre auch enorme Mengen Wassers aus den Drains strömen sehen. Hammondt beobachtete am 7. und 8. November 1843, dass nach einem 12 Stunden dauernden Regen (von 0,48 Zoll) das Wasser,

das während 48 Stunden aus den Drains abfloss, einem Regenfall von 0,46 Zoll gleich war. Schon wenige Stunden nach einem starken Regen verstärkt sich auch der Ablauf aus den Drains mehr oder minder nach den physikalischen Verschiedenheiten der betreffenden Bodenarten; denn um einen Lettenboden zu durchziehen, braucht das Wasser etwa 18mal mehr Zeit als im Sandboden; auch erfolgt das Durchdringen des Bodens mit Wasser rascher bei älteren als bei neuen Drainanlagen, weil es sich bei jenen schon seine Bahnen geschaffen zu haben scheint.

Ueber die aus den Drains abfliessende Wassermenge im Vergleich zu den Mengen atmosphärischer Niederschläge während der einzelnen Monate gibt folgende Tabelle Aufschluss, welche Dickinson nach achtjährigen zu Abboth-Hill gemachten Beobachtungen zusammenstellte.

Monat	Versickert Procent	Verdunstet Procent	Regenmenge Zoll
Januar	70,7	29,3	1.847
Februar	78,4	21,6	1,971
März	66,6	33,4	1,617
April	21,0	79,0	1,456
Mai	5,8	94,2	1,856
Juni	1,7	98,3	2,213
Juli	1,8	98,2	2,287
August	1,4	98,6	2,427
September	13,9	81,1	2,631
October	49,5	50,5	2,823
November	84,9	15,0	3,837
December	100,0	0,0	1,641
Mittel	42,3	57,6	Summe 26,614

Sonach fliessen von der ganzen Regenmenge durch eine 3 bis 4 Fuss tiefe Bodenschicht 42½ Proc. hindurch; 57½ Proc. verdunsten.

Anfang Frühjahrs und Herbstes ist die Verdunstung verhältmässig geringer und gerade in jenen Perioden ist die möglichst rasche Austrocknung und Erwärmung des Bodens, wie sie durch die Drainage befördert wird, am nöthigsten, damit die Saatbestellung zeitig genug erfolgen könne. Der Wasserablauf ist während der Sommermonate am geringsten, da der während dieser Periode durch Verdampfung austrocknende Boden eine bestimmte Zeit nöthig hat, um seine normale Feuchtigkeit wieder zu erlangen. Die normale Feuchtigkeit bezeichnet zugleich das Maximum der Wasser-

menge, die ein drainirter Boden zurückhalten kann, deshalb wird sich nach dem Regenfall für jede Gegend leicht die Menge des durch die Drains abfliessenden Wassers berechnen lassen, wobei natürlich die Beschaffenheit des Bodens mit in Rechnung zu ziehen ist. Um aus der Regenmenge die Menge des Wassers per Joch (5755 □Meter) dem Gewichte nach zu berechnen, multiplicirt man die Regenhöhe in Zollen mit 0,326 (dem Gewichte eines Kubikzolles Wasser) und die erhaltene Summe mit 8,294,400 (der Anzahl Quadratzolle eines Joches).

Für Prag z. B. ist die jährliche Regenhöhe 23,7 Zoll, demnach fallen in dieser Zeit 6,400,000 (genau 6,408,419) Pfd. Wasser per Joch, und da 42% hiervon versichern, so laufen etwa 2,700,000 Pfd. als Drainwasser jährlich per Joch ab.

Vieles Interesse bietet in praktischer Hinsicht die Zusammensetzung des aus den Drains abfliessenden Wassers. Irrig wäre es aber, aus der Zusammensetzung des Drainwassers auf die Verluste an Stoffen aus der Ackerkrume schliessen zu wollen. Aus der Zusammensetzung des Drainwassers lässt sich nur entnehmen, was Ackerkrume und Untergrund bis zur Tiefe, in welcher die Röhren liegen, in Folge des Austausches zwischen den aufgelösten und in den Untergrund geführten Bestandtheilen der Ackerkrume, mit den Stoffen des Untergrundes verloren haben. Wird durch Wasser aus der Ackerkrume z. B. Salmiak aufgelöst und nach dem Untergrunde geführt, der, wir nehmen an, kohlensauren Kalk enthält, so wird ein Austausch zwischen den Bestandtheilen des kohlensauren Kalkes und denen des Salmiaks stattfinden.

Aufgelöst aus der Ackerkrume.	Salmiak	Besteht aus:	Ammonium Chlor	bildet sich:	kohlensaures Ammoniak (im Boden festgehalten)
Der Untergrund enthält	kohlensauren Kalk		Kohlensäure Kalkerde		Chlorcalcium (fliesst mit dem Wasser ab.)

Aus den Drains wird also, trotzdem der Ackerkrume Ammoniak in Form von Salmiak entführt wurde, Wasser fliessen, das kein Ammoniak enthält, dafür wird man darin einen Theil der im Untergrund enthaltenen Kalkerde als Chlorcalcium finden, ohne dass Kalkerde der Ackerkrume entzogen wurde.

Anfänglich fürchtete man, dass durch die Drainage der Boden gleichsam ausgelaugt und die nützlichsten Pflanzennährmittel durch das Drainwasser entführt würden. Wiewol dies unter Umständen theilweise allerdings möglich ist, so haben doch vielfache Analysen

von Drainwasser gezeigt, dass diese Befürchtungen besonders bei tiefliegenden Drains übertrieben sind, denn die Ackererde wird durch ihr Absorptionsvermögen (S. 119) vor der Auslaugung hinlänglich geschützt. Die Menge der etwa entführten Stoffe ist demgemäss durch die Absorptionsfähigkeit der Bodenart und die Mächtigkeit der zu durchdringenden Schichte bedingt.

Ausser den schon früher (S. 112 u. ff.) angeführten Analysen von Drainwässern sei noch auf einige weitere diesbezügliche Untersuchungen hingewiesen.

E. Wolff hat sowohl Drainwasser als Brunnenwasser desselben Bodens vergleichend analysirt.

Das Drainwasser Nr. 1 war von einem kürzlich drainirten, mit Roggen besäeten Lande und im Mai 18 Stunden nach einem starken Regen gesammelt. Es war angenehm von Geschmack und hell. Nr. 2 war von einem auch kürzlich drainirten Weidelande drei Tage nach starkem Regen im Mai gesammelt, und war ein wenig trübe.

Das Brunnenwasser war aus einem nahegelegenen, etwa dreissig Fuss tiefen, aus Backsteinen erbauten Brunnen geschöpft, der nie an Wassermangel litt und zur Untersuchung im Juli desselben Jahres gezogen, nachdem drei Wochen trockenes Wetter war. Die Zusammensetzung des Bodens beider Grundstücke sei mit angegeben:

Boden	1. Roggenfeld	2. Weide
Steinchen	3,89	—
Feiner Sand	67,27	50,40
Sehr feiner Sand . . .	14,05	26,41
Thon	14,03	23,06
	99,24	99,87
Wasserhaltendes Vermögen	33,30	63,60
Organische Substanzen . .	2,00	3,80
Eisenoxyd, Thonerde	2,55	4,84
Kohlensaurer Kalk . . .	0,29	0,44
Kohlensaure Magnesia . .	0,21	1,76
Kieselsäure, Sand, Thonerde	94,62	89,16
	99,67	100,00

Ferner fanden sich in beiden Erden Spuren von Natron, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor.

Die Zusammensetzung der Wasser war in 10,000 Theilen

	Drainwasser		Brunnenwasser
	1. Roggenfeld	2. Weide.	
Organische Bestandtheile	0,257	0,324	0,104
Kohlensaurer Kalk . .	2,193	0,435	2,249
Kohlensaure Magnesia .	0,310	0,142	0,473
Kohlensaures Kali . .	0,025	0,053	—
Kohlensaures Natron . .	0,194	0,142	0,020
Chlornatrium	0,231	Spuren	0,232
Schwefelsaures Kali . .	0,118	Spuren	0,187
Thonerde Eisenoxyd	0,077	0,058 0,041	0,149
Kieselsäure	0,068	0,187	0,186
Phosphorsäure	Spuren	Spuren	Spuren
	3,473	1,382	3,600
Kohlensäure	0,988	0,860	
Oder in Kubikcentimeter	496,7	432,6	

Bei einem jährlichen Drainwasserablauf von 2 Millionen Pfund werden per Joch (5755 □Meter) dem Boden des Roggenfeldes etwa entführt: 112 Pfund Alkalisalze, wovon $^1/_3$ Kalisalze sind; 400 Pfund kohlensaurer Kalk, 62 Pfund kohlensaure Magnesia, zusammen 694 Pfund feste Bestandtheile. Hierdurch wird ein in 4 Fuss (126 Centim.) Tiefe drainirter Boden etwa um $^2/_{1000}$ Proc. kohlensauren Kalkes, $^6/_{10000}$ Proc. Alkalisalze jährlich durch das Drainwasser ärmer. Demnach sind die Mengen der dem ganzen Boden über dem Drainsytem entzogenen Stoffe, in Procenten der Gesammterdmasse ausgedrückt, nicht bedeutend, wenn auch immerhin die thatsächlich für diesen Fall (Roggenfeld) dem Boden per Joch entzogene Stoffmenge nicht unbeachtenswerth. Es ist aber einleuchtend, dass die Menge dieser Stoffe in der That um so geringer sein wird, je bedeutendere Absorptionsfähigkeit bei gleicher Bodenkraft der betreffende Boden besitzt.

Dass die Menge dieser vom Drainwasser hinweggeführten Stoffe bei gleichen Bodenarten um so geringer sein wird, je tiefer die Drains liegen und je höher demnach die vom Wasser zu durchdringende Erdschichte ist, hat E. Wolff für Ammoniak nachgewiesen. Gleiches gilt für Phosphorsäure und Kali und man kann daher als Regel annehmen, dass von diesen wichtigen Pflanzennährmitteln in der That um so weniger durch das Drainwasser verloren gehen könne, je tiefer drainirt ist.

Besitzt aber die über den Drains lagernde Erdschichte nur geringe Absorptionsfähigkeit und ist sie von geringer Höhe, so

werden bedeutendere Mengen von Stoffen in's Drainwasser übergehen und grössere Mengen selbst von Ammoniak, Kali und Phosphorsäure ausgelaugt werden können.

Barral hat gezeigt, dass Drainwasser unter Umständen mehr Ammoniak (0,0045 Proc.) als Regenwasser enthält, dass demnach eine Entziehung von Ammoniak durch Regen veranlasst werden kann. Dasselbe geht aus den nachstehenden Drainwasseranalysen von Breunlin in Bezug auf Alkalien und Mineralstoffe überhaupt hervor.

Die Analyse ergab in 1000 Grammen:

	Draingewässer*)			Wirthschaftsbrunnen in Neprolitz
	Gräfliche Wiese	Fasanengarten in Blahotitz	Wasserstation in Schlan	
Phosphorsäure	—	Spur	Spur	—
Kieselsäure	0,052	0,026	0,016	0,014
Kohlensaures Eisenoxydul . . .	Spur	0,010	0,007	—
Kohlensaure Kalkerde	0,417	0,375	0,158	0,209
Kohlensaure Bittererde	—	0,216	0,005	0,148
Schwefelsaures Eisenoxydul . .	—	0,034	—	—
Schwefelsaure Bittererde . . .	0,348	—	0,086	0,008
Schwefelsaurer Kalk	0,690	0,126	0,235	0,051
Schwefelsaures Kali	0,134	0,155	0,054	0,129
Schwefelsaures Natron	0,071	—	0,129	0,095
Chlornatrium	0,022	0,081	0,018	0,054
Summe der fixen Bestandtheile in 1000 Gr. Wasser	1,704	0,907	0,708	0,708

Wenn daher Drainwasser im allgemeinen als ein dünnes schwaches Wasser (Liebig) bezeichnet wird, so ist dies eben so irrig, als wenn man dasselbe mit vielen Bestandtheilen beladen glaubt (Barral), es müssen eben die mannigfachen Umstände, durch welche der Gehalt des Wassers beeinflusst wird, stets vor Augen bleiben.

*) Das analysirte Drainwasser entfloss Grundstücken in einer Thalsohle gelegen, deren Untergrund aus den Thonen und Mergeln der unteren Kreideschichte besteht, welche gegen die Höhen, meist von Basalt gehoben, ansteigen. Das Drainwasser hatte erst die oberen Kreideschichten durchlaufen, kam dann auf die Mergel und Thone, floss an letzteren herab ins Thal und versumpfte des undurchlässigen Untergrundes wegen die Grundstücke in der Thalsohle.

Schliesslich sei noch als ein Vortheil der Drainage angeführt, dass die offenen Abzugsgräben, deren man sich sonst zur Ableitung des Grundwassers bediente, erspart und viel ackerbarer Boden gewonnen wird. Jedenfalls hat die Drainage überall dort, wo sie überhaupt angezeigt und zweckmässig durchgeführt ist, in feuchten sowohl als trockenen Jahren eine Ertragssteigerung zur Folge. Diese Ertragssteigerung wird zwar für jeden besondern Fall eine verschiedenartige sein, doch kann im Durchschnitt 30—35% angenommen werden. In England, wo man wohl zu rechnen versteht, wurde ermittelt, dass durch die Drainage des in Cultur stehenden Bodens im Lande jährlich an 17 Millionen Strich Getreide mehr erzeugt werden.

2. Die Bewässerung des Bodens.

Ueber die Bewässerung zu Düngungszwecken ist schon früher (S. 437) gesprochen worden, hier sei nur einiger Methoden der Bewässerung gedacht, die mit der Entwässerung innig zusammenhängen. Es ist das die Verbesserung von Sumpfländereien durch Aufschlämmung oder künstliche Alluvion (auch Colmatage genannt, vom italienischen „colmare“, auffüllen) und das Petersen'schen Wiesenbauverfahren, einer Combination von Drainirung und Berieselung.

Colmatage ist im Grossen zuerst in Italien zur Anwendung gekommen. Die berühmten Meliorationen des Valdichiana, der toskanischen Maremmen, eines Theils der pontinischen Sümpfe, des Arve-Thales, der Moräste zwischen Arc und Isère, des linken Ufers am Varestrom sind mittelst Aufschlämmung durchgeführt worden.

Die Aufschlämmung ist entweder eine natürliche oder künstliche. Erstere tritt ein, sobald sich ein schlammführender Wasserlauf ohne Zuthun über eine Thalsohle verbreitet und deren Boden allmählich erhöht; die zweite wird durch Einschliessungsdämme geregelt, welche die Schlammwasser nöthigen, während kürzerer oder längerer Frist auf dem zu verbessernden Terrain zu stauen. Ist der Niederschlag erfolgt, so wird das geklärte Wasser mittelst Schleussen oder Schützen abgeleitet. Die günstigste Zeit zu dem Colmatage sind die Wintermonate, während welcher die Wasserläufe mindestens das Fünfzigfache an Erdbestandtheilen führen, als im Sommer. Durch die Aufschlämmung lassen sich die Tiefgründe auf die einfachste und billigste Weise austrocknen und gesund machen; selbst die verderblichsten Moräste, nicht minder andere

ertraglose Oedstellen, Sandwüsten, Kiesbänke können dadurch urbar gemacht werden. Gleicherweise dient der Colmatage auch auf bestellten Acker als düngende Bewässerung, er heisst dann Anschlämmung, Limonage (Hamm).

Das Petersen'sche Wiesenbauverfahren bezweckt durch mittelst sinnreich construirter Ventile in den Drains angeschwelltes Wasser sowohl die Bewässerung im Schoosse des Bodens als auch auf der Oberfläche desselben durch Berieselung. Es ist besonders da zu empfehlen, wo wegen Mangel an Gefälle und Wasser andere Systeme minder durchführbar sind.

Hamm fasst die Vortheile des Petersen'schen Verfahrens folgendermaassen zusammen: „Das zugeführte Wasser wird, weil es durch den Verschluss der Drains in dem berieselten Erdreich zurückgehalten werden kann, mit allen Bodentheilen bis zur Tiefe der Drains in die innigste Berührung gebracht, vermag daher die im Boden vorhandenen und durch Wasser löslichen Nährstoffe aufzulösen, somit in Pflanzennahrung umzuwandeln, es vertheilt diese Nahrung gleichmässig und bereichert durch die Zufuhr der im Rieselwasser gelöst enthaltenen oder demselben mechanisch beigemengten Nährstoffe den Boden überhaupt. Es kann ferner dadurch stets derjenige Feuchtigkeitsgrad hergestellt und erhalten werden, welcher dem Gedeihen der Pflanze am zuträglichsten ist; endlich ist auch die stete Einwirkung der Luft auf die tieferen Bodenschichten gesichert und dadurch die erspriesslichste Wechselbeziehung zwischen Atmosphäre und Erdreich hergestellt."

3. Das Bodenbrennen.

Obwohl schon den Römern bekannt, wurde das Brennen des Bodens doch erst 1828 auf's Neue von Beatson eingeführt und ist seitdem vorzüglich in England und den Niederlanden auf mehreren Gütern als von Zeit zu Zeit wiederkehrende Culturarbeit in Anwendung. In Deutschland wird es nur beim Urbarmachen wilden Landes, namentlich von Torfmooren, mit Vortheil benutzt.

Man unterscheidet bei dieser Bodenverbesserungsmethode zweierlei Arten: das eigentliche Thonbrennen und das Plaggenbrennen. Ersteres hat den Zweck, durch Feuereinwirkung eine günstige Veränderung von schwerem Thonboden zu bewerkstelligen; es zerfällt wieder in das Schollenbrennen, wobei die ganze oberste Erdlage mit Hilfe von aufgeführten organischen Stoffen

(Torf u. dgl.) gebrannt wird, und in das Ränderbrennen, wobei Thon gebrannt und erst dann in diesem Zustande aufgeführt wird.

Das Plaggenbrennen, worunter man im Wesentlichen das Verbrennen der abgeschälten vegetabilischen Stoffe der Bodenoberfläche versteht, ist nur da anwendbar, wo so viele organische Stoffe im Boden und an dessen Oberfläche (Rasen, Unkräuter, Haide u. dgl.) vorhanden sind, dass die abgeschälten Bodenstücke, angezündet, fortbrennen können.

Insofern die in der Asche vorhandenen anorganischen Stoffe im Boden in einer für die Pflanzen leicht aufnehmbaren Form zurückbleiben, bewirkt das Bodenbrennen zugleich eine Düngung. Der Boden erfährt aber durch das Brennen noch andere sehr wesentliche Veränderungen.

So ist es für die Cultivirung versauerter, an organischen Stoffen sehr reicher Bodenarten im Verein mit dem Entwässern ein Radicalmittel, da dabei besonders auch die schädlichen Eisenoxydulsalze höher oxydirt werden.

Die mineralischen Bodenbestandtheile erleiden eine günstige mechanische und chemische Veränderung. Der Thon wird weniger zähe und fett und viele seiner unlöslichen Bestandtheile werden in eine lösliche Form übergeführt; der Boden wird mehr aufgeschlossen, verwitterungsfähiger und überhaupt poröser und mürber. Wo kohlensaurer Kalk vorhanden ist, wird er durch das Brennen zu Aetzkalk, welcher günstigen Einfluss auf die Zersetzung der Mineralstoffe nimmt, aber auch schon beim Brennen zersetzend (aufschliessend) auf die Verbindungen der Kieselsäure mit Kali wirkt, wodurch letzteres frei und den Pflanzen zugänglicher wird. Daher ist dort, wo kein Kalk vorhanden, beim Bodenbrennen ein Kalkzusatz immer anzuempfehlen. Das Brennen selbst darf nicht zu heftig geschehen, damit der Thon nicht zu hart gebrannt wird. Ist letzteres der Fall, so verliert er nicht nur an Porosität, sondern es würden sich auch unlösliche Verbindungen der Alkalien bilden, wodurch der Boden nur verschlechtert wird.

Die Wirkungen, welche das Brennen auf die chemischen Bestandtheile des Bodens ausübt, zeigen sich deutlich in den folgenden Analysen (nach Struckmann). Von 100 Grammen lufttrockenem Thon wurden aufgelöst:

	Vor dem Glühen durch		Nach dem Glühen durch		Zusammensetzung im Ganzen
	Wasser	Salzsäure	Wasser	Salzsäure	
Eisenoxydul als kohlensaures Salz	—	5,094	—	—	5,094
Eisenoxyd, theilweise als Schwefeleisen	—	—	—	1,287	1,287
Manganoxydul als kohlensaures Salz	—	0,247	—	—	0,247
Thonerde im Thon an Kieselsäure gebunden	0,208	1,078	0,043	2,020	3,349
Kali, als Silicat	0,029	0,750	0,384	0,367	1,530
Natron, im Thon als Silicat	—	Spuren	—	0,230	0,230
Kalk, als kohlensaures Salz und als Silicat	—	1,871	0,014	Spuren	1,885
Magnesia im Thon an Kieselsäure gebunden	—	2,673	—	0,172	2,845
Phosphorsäure	—	Spuren	—	0,043	0,043
Auflösliche Kieselsäure	—	—	0,029	—	0,029
Schwefelsäure als Schwefeleisen	0,343	0,010	0,414	Spuren	0,767
Kohlensäure an Kalk, Mangan und Eisen gebunden	—	4,735	—	—	4,735
Organische Stoffe	0,210	—	—	—	0,210
Hygroskopisches Wasser	—	—	—	—	0,630
Glühverlust (Schwefel, chemisch gebundenes Wasser, organische Stoffe)	—	—	—	—	3,810
Verlust bei der Analyse	—	—	—	—	0,011
Im Wasser und Säuren unauflöslicher Stoff	—	—	—	—	73,298
Summa	0,790	16,458	0,884	4,119	100,000

Erfahrungsmässig schadet die gänzliche Entfernung der organischen Stoffe im Boden durch das Brennen nicht; sehr bald sammeln sich neue Mengen derselben an. Ausser bei Thonboden ist das Bodenbrennen besonders bei Torf- und Moorboden angezeigt. Das Verbrennen der Moorlager in den Niederlanden und anderen an Moorboden reichen Gegenden ist noch immer — trotz Rimpau's Culturverfahren — sehr üblich, für die Nachbarländer aber keineswegs angenehm, da die entstehenden Rauchmassen, der sogenannte Höhenrauch, viele Nachtheile mit sich bringt. Hellriegel lieferte die Analyse der Asche einer solchen Moorerde:

Kalk	8,8
Magnesia	0,2

Kali } Natron }	0,1
Phosphorsäure	0,6
Schwefelsäure	0,1
Eisenoxyd und Thonerde	45,7
Sand	37,5
Kohlensäure und Verlust	7,0

Alle diese in Torfpflanzen enthaltenen Stoffe werden für Culturpflanzen erst durch das Brennen rasch zugänglich.

4. Die Brache.

Die Brache ist jene Zeitperiode, in welcher ein Feld unbebaut liegen bleibt, damit sich die durch den Verwesungs- und Verwitterungsprocess disponibel werdenden Nährstoffe ansammeln können, um einer oder mehreren Ernten die nöthige Nahrung zu liefern. Diese beiden Processe sind es ja, welche ermöglichen, dass Pflanzen auf Felsen, Mauern u. s. w. wachsen können, dass der Waldboden auch ohne Düngung an Fruchtbarkeit nicht abnimmt, im Gegentheil, selbst bei geregeltem Streurechen — an Fruchtbarkeit zunimmt; dass Wiesen, besonders in der Nähe von Gewässern, jahraus jahrein Ernten liefern, ohne gedüngt zu werden, und dass in der Vorzeit bei einer schwachen Bevölkerung der Erde eine Düngung der Grundstücke nicht nothwendig war. Werden diese löslich gemachten Nährstoffe durch Ernten dem Boden nicht entzogen, so müssen sie sich im Boden mehr und mehr anhäufen; in dieser Anhäufung verfügbarer Nährstoffe ist der Hauptgrund der günstigen Wirkung der Brache auf die nachfolgende Frucht zu suchen, nicht aber in der durch das Ruhenlassen etwa beschleunigten Verwitterung, ebenso wenig in dem „den Witterungsverhältnissen-Ueberlassen.“ Im Gegentheil ist anzunehmen, und die Versuche Dietrich's weisen dies auch nach, dass auf bebautem Boden mehr löslich wird, als auf unbebautem.

Bei der Brache ist vor allem zu berücksichtigen, ob überhaupt noch Stoffe vorhanden sind, welche löslich gemacht werden können. In einem Boden, welcher z. B. keine kalihaltigen Gesteine enthält, kann überhaupt kein Kali durch Verwitterung löslich werden, und einen reinen Sandboden wird man durch Brachen kaum verbessern. Mittelst der Brache können wir die Bodenkraft demnach hauptsächlich nur durch Verfügbarmachung von Bodenbestandtheilen vermehren. Der Stoffreichthum der pflanzentragenden

Schichten wird nur dann vermehrt, wenn durch tieferes Pflügen neue Nährstoffe in die Krume gebracht, oder derselben durch den Anbau und späteres Unterpflügen von Pflanzen mit tiefgehenden Wurzeln aus dem Untergrunde oder durch sehr blattreiche Brachpflanzen mittelst Gründüngung aus der Atmosphäre zugeführt werden. Man nennt in letzterem Fall die Brache „grüne Brache“ zum Unterschiede von der „schwarzen Brache“, bei welcher man den Acker nicht bewachsen lässt und durch fleissiges Beackern der Luft möglichst Zutritt zu verschaffen sucht, um Verwesung und Verwitterung zu befördern. Die localen Verhältnisse müssen entscheiden, welche Art der Brachung man anzuwenden hat.

Nützlich wirkt die Brache unzweifelhaft durch die grössere oder geringere Schonung der Bodenfeuchtigkeit (Wilhelm, Breitenlohner, Schumacher); für Gegenden, welche häufig an atmosphärischen Niederschlägen Mangel leiden, kann sie daher vollkommen gerechtfertigt sein. Den sichereren und höheren Ertrag der mit Wintergetreide und Raps nach Brache bebauten Felder schreibt Wilhelm diesem Einfluss zu.

Man pflegt wohl auch die Vernichtung des Unkrautes als Nutzen der Brache anzusehen; zu diesem Zwecke ist aber keine Brache nöthig. Klee und Knollen verdrängen es vermöge der Bodenbeschattung und Hackfrüchte in Folge der Bearbeitung.

Aus Allem geht hervor, dass das Brachen durchaus nicht unumgänglich nothwendig ist und bei gehöriger Sorge für entsprechende Düngung und Feuchtigkeit unterbleiben kann. Das Brachen ist daher nur zu entschuldigen, wo die Düngung durchaus nicht geboten werden kann, oder wo sie nicht lohnt.

Nur der Kurzsichtige kann meinen, man müsse den Boden ausruhen lassen, wenn er einigemal getragen.

5. Der Pflanzenwechsel.

(Fruchtfolge.)

Die Erfahrung lehrt, dass selbst bei entsprechender Düngung die Culturpflanzen in der Regel nicht ununterbrochen nacheinander auf demselben Felde gebaut werden dürfen, weil sonst die Erträge nach kürzerer oder längerer Zeit abnehmen und die Pflanzen endlich gar nicht mehr gedeihen. Nur ausnahmsweise scheinen manche Pflanzen zum ununterbrochenen Anbau auf demselben Felde geeignet zu sein. So z. B. wird auf Helgoland seit Einführung der Kartoffel (1806) ununterbrochen auf denselben Feldern diese dort einzige

Culturpflanze gebaut. Ueber eine fast doppeltlange Ausdauer wird auch bei Anbau von Roggen, Mais, Kohl und Hanf in verschiedenen Gegenden Amerikas berichtet. Wie Fraas mittheilt, trägt in einigen Gegenden Griechenlands der gesammte Acker seit tausenden von Jahren bis auf den heutigen Tag Wintergerste. In einem grossen Theile Chinas baut man ununterbrochen Reis, in manchen Theilen Aegyptens folgt Weizen auf Weizen, in Mexiko Mais auf Mais. Ebenso können Tabak, Bohnen, Hopfen, Topinambur bei hinreichender Düngung öfter hintereinander gebaut werden. Indessen dürfte ungeachtet des günstigen Klimas und fruchtbaren Bodens die Dauer des Gedeihens auf demselben Felde auch dort ihre Grenze finden. Bei uns bedürfen viele Pflanzen nothwendig des Wechselbaues, z. B. Lein.

Die Ursachen der günstigen Wirkung, ja der Nothwendigkeit des Wechselbaues (Fruchtfolge) für eine rentable Production von Culturpflanzen sind mannigfacher Art, aber ganz besonders in der Regulirung der physikalischen und chemischen Vegetationsfactoren des Bodens zu suchen.

In Folgendem seien sie kurz besprochen:

1. Die verschiedenen Arten der Culturpflanzen entziehen dem Boden auch verschiedene Arten und Mengen einzelner Nährstoffe. Man wird demnach, wenn man verschiedene Pflanzenarten entsprechend abwechseln lässt, die Verschiedenheit in Art und Menge der Stoffentnahme ausgleichen können. So benöthigen z. B. die Wurzelgewächse viel weniger Phosphorsäure, als die Getreidearten und diese weniger Alkalien als jene. (Siehe S. 232.)

2. Die verschiedenen Culturpflanzen haben eine sehr verschiedene Wurzelentwickelung. Der Wurzeltiefgang, die Wurzelausbreitung der zum Anbau gewählten Culturpflanzen sollen mit dem jeweiligen Bodenreichthum in richtigem Verhältniss stehen; es können dann die verschiedenen Culturpflanzen nicht nur verschiedenen Lagen des Bodens die Nahrung entziehen und ihn in verschiedenen Tiefen erschöpfen, sondern vermöge ihres verschiedenen Wurzelvermögens auch eine und dieselbe Bodenschichte verschieden ausnützen. Demnach ist es angezeigt, flachwurzelnde, dem Boden nur Kraft entziehende Getreidearten mit den tiefgehenden und bodenaufschliessenden Kleearten und Hülsenfrüchten, ebenso mit dem Raps, welcher aus sehr bedeutenden Tiefen Nahrung aus dem Boden holt u. s. w., wechseln zu lassen.

Auch physikalisch kann der Boden in Folge Auswahl von Pflanzen mit der entsprechenden Wurzelbeschaffenheit verbessert werden. So durchsetzen z. B. die starken Wurzeln der Leguminosen bei ihrem Tiefgang die festen Bodenpartien und namentlich

die auf der Grenze zwischen Ackerkrume und Untergrund häufig vorkommende, durch den Pflug festgeschleifte Schicht. Der Boden wird dadurch förmlich drainirt und der Nachfrucht, sowie der Luft das Eindringen ungemein erleichtert.

Werden die Producte von Pflanzen mit bedeutendem Tiefgang auf der Wirthschaft selbst verbraucht, so kehren die von ihnen aus der Tiefe bezogenen mineralischen Stoffe in Form von Dünger zu den oberen Bodenschichten zurück und kommen dann Pflanzen mit flachgehenden Wurzeln zu Gute. Auch rücksichtlich der Bearbeitung des Ackers machen Pflanzen von verschiedenem Wurzelsystem verschiedene Ansprüche; z. B. verlangen Rübenarten und alle Kreuzblüthler gut bearbeiteten Boden, sind demnach besonders günstig für Reihencultur.

3. Nicht unwesentlich ist die Art und Menge der Pflanzenreste (Stoppeln, Wurzeln, Blätter u. s. w.), welche nach der Ernte der verschiedenen Culturpflanzen im Boden zurückbleiben. Welche Quantitäten von Nährstoffen dadurch dem Boden verbleiben und auch noch aus der Atmosphäre zugeführt werden, zeigt die Tabelle auf S. 428.

Aus dieser Tabelle erhellt, dass nach Leguminosen der Boden unter sonst gleichen Umständen kräftiger bleiben muss, als nach Hafer, Gerste und Weizen. Nach Knop enthalten die bei der Reife des Rapses schon abgefallenen Blätter 22—23% der Trockensubstanz an Asche, nebst 4% Stickstoff. Berücksichtigt man nun, dass auf 2,5 Gewichtstheile trockener Blätter 3,5 Gewichtstheile trockener Stengel kommen, so erklärt sich wohl, dass Raps den Boden relativ wenig erschöpft. Ueberhaupt gilt als Regel, auf Pflanzen, die viel nehmen, solche folgen zu lassen, die wenig verbrauchen, dagegen viele Reste zurücklassen.

4. Jene Pflanzen, welche eine bedeutende Blattoberfläche besitzen — und es sind dies besonders die Leguminosen — bereichern den Boden in so fern, als sie mehr Nahrung aus der Atmosphäre aufnehmen und dadurch der Ackerkrume eine grössere Menge humusbildender und Stickstoff enthaltender Stoffe zuführen, welche für das Gedeihen der nachfolgenden Pflanzen von Wichtigkeit sind.

Wie sich die Blattoberflächen einiger der wichtigsten Culturpflanzen zu einander verhalten, zeigt nachstehende Tabelle. (Die Untersuchung wurde im Sommer 1873 auf weichem Lehmboden an Futtergewächsen, welche unter gleichen klimatischen Verhältnissen erzogen worden waren, in der Weise ausgeführt, dass nur die eine Seite der Blattoberfläche ausgemessen wurde, weil sich die beiden Seiten des Blattes in ihrer physiologischen Thätigkeit gegenseitig ergänzen).

Bezeichnung der Pflanzen	Blattoberfläche einer Pflanze Qu.-Cm.	Pflanzenzahl pro Hectar	Gesammtblattoberfläche pro Hectar Qu.-Meter	Mittelernte an frischer Substanz pro Hectar	Production an organischer Substanz pro Hectar	Darin Stickstoff Kilo
Luzerne	2312,1	3703703	856333	32000	6560	180
Esparsette	1036,8	3703703	384000	25000	4875	128
Rothklee	712,8	3703703	264000	24000	4872	142
Bastardklee (Triticum hybridum)	504	4545445	227000	22000	3520	113
Kriechender Klee (Trit. repens)	172,8	5555555	96000	12000	2100	68
Lolch (Lolium italicum)	355,2	10000000	355000	26700	5847	111
Knäulgras	343	10000000	343000	34400	10561	165
Hafer	217,2	10000000	217000	25200	6653	101
Timotheegras	237	10000000	237000	24000	8472	131
Pferdezahnmais	5870	200000	117400	60000	10080	160
Knollige Sonnenblume (H. tuberosus)	6993	54225	37920	16000 Knollen 5000 Laub	2755	73
Steckrübe	3420	50000	17100	40000 Rüben 8000 Laub	5760	138,3
Weisse Rübe	3312	66666	22800	30000 Rüben 8000 Laub	2880	76
Runkelrübe (Beta vulgaris)	3283	50000	16415	45000 Rüben 12000 Laub	5616	116,5

Die Blattoberfläche der einzelnen Culturpflanzen bedingt deren Werthigkeit in der Fruchtfolge aber auch noch in anderer Weise. So wirken Gewächse mit grosser Blattoberfläche durch die Beschattung des Bodens sehr günstig auf dessen physikalische Beschaffenheit, so dass die nachfolgende Frucht den Boden ausserordentlich gut vorbereitet findet. Werner stellte in dieser Richtung folgenden Versuch an:

Auf einem mit Rothklee anscheinend gleichmässig bestandenen Felde wurden 8 Parcellen, jede 14 Quadratmeter gross, abgetheilt und abwechselnd, um den Boden- und Bestandunterschieden Rechnung zu tragen, auf der einen Parcelle der Klee in der Blüthe zu Heu geworben und auf der anderen, sobald er die für Schafweide passendste Höhe erreicht hatte, abgerupft. Sehr trockene Witterung beeinträchtigte jedoch den dichten Kleestand ungemein, so dass die Beschattung nicht die wünschenswerthe Intensität erreichte, was bei der Beurtheilung der Versuchsresultate zu berücksichtigen ist.

Im Herbste 1869 wurden diese Parcellen umgegraben und mit Blumenweizen gleichmässig bestellt. Die Ernte ergab:

Von den beschatteten Parcellen:		
	2376 Kil. Körner	4608 Kil. Stroh per Hectar
von den weniger beschatteten Parcellen:		
	2204 Kil. Körner	4284 Kil. Stroh per Hectar
demnach Minus der weniger beschatteten Parcellen:		
	172 Kil. Körner	324 Kil. Stroh per Hectar.

Hieraus lässt sich folgern, dass bis zu einem gewissen Grade mit der Intensität der Beschattung die chemischen Processe im Boden gefördert werden und in der Verbesserung der physikalischen Eigenschaften und dem kräftigen Wachsthum der nachfolgenden Culturgewächse zum Ausdruck kommen.

Besonders influirt die Beschattung des Bodens auf dessen Feuchtigkeitsverhältnisse. Die Erschöpfung der Bodenfeuchtigkeit sowohl in der Ackerkrume als namentlich des Untergrundes, die je nach der Pflanzenart eine sehr verschiedene sein wird, ist sicherlich ein wichtiges Moment für die Fruchtfolge.

Eine vollständige Beschattung des Bodens befördert während der heissen Jahreszeit die Thauniederschläge und verlangsamt die Verdunstung der Feuchtigkeit aus den oberen Bodenschichten, verhindert also ein zu starkes Austrocknen des Bodens; sie gewährt damit zugleich Schutz gegen die nächtliche Wärmeausstrahlung und gegen die brennende Sonnenhitze am Tage, dient also zur Regulirung der Bodentemperatur. Auf diese Weise wird jener mässig

feuchte Zustand im Boden herbeigeführt und fast fortwährend erhalten, bei welchem die Processe der Verwesung und Verwitterung am raschesten verlaufen. Freilich werden durch Pflanzen mit grosser Blattoberfläche aus den tieferen Schichten des Bodens, in welchen die Wurzeln sich ausgebreitet haben, grössere Quantitäten Wasser verdunstet. (Siehe S. 289.)

5. Da der Boden durch den ununterbrochenen Anbau derselben Pflanze, sei es durch die eben für diese Pflanze nöthige Bearbeitung, sei es durch die Natur der Pflanzenwurzeln selbst, eine derartige Veränderung in seinen physikalischen Eigenschaften erleiden kann, dass er für den weiteren Bau dieser Pflanze endlich untauglich wird, so ist auch hierdurch der Wechsel mit einer anderen Pflanze geboten. So wird durch Kleebau der Boden bindiger und dadurch zugleich zum Bau solcher Pflanzen vorbereitet, welche, wie z. B. Weizen, bindigen Boden verlangen; so wird ferner durch den Boden lockernden Hackfruchtbau der Acker ganz vorzüglich zum Bau von Früchten geeignet, die einen gelockerten Boden erfordern, wie Gerste, Klee u. s. w., und es muss auch schon deshalb eine bestimmte Reihenfolge verschiedener Culturpflanzen eingehalten werden.

Nebst den hier angeführten chemischen und physikalischen, den Pflanzenwechsel bedingenden Gründen muss der Landwirth auch noch andere Momente berücksichtigen. So z. B. wird der Landwirth, der wenig Wiesen besitzt, bei seinem Fruchtwechsel auf einen verhältnissmässig grösseren Futterbau bedacht sein müssen; er wird ferner die Localpreise einzelner Fruchtgattungen, dann die Erwägung der leichteren oder schwierigeren Herbeischaffung käuflicher Düngemittel und ähnliche Verhältnisse nicht ausser Acht lassen dürfen.

Da endlich durch den ununterbrochenen Bau derselben Pflanzen, z. B. der Getreidearten, das Unkraut überhand zu nehmen pflegt, so wird er zuweilen Pflanzen bauen müssen, welche vermöge der Beschattung des Bodens das Unkraut unterdrücken.

Bei Aufstellung eines Pflanzenwechselsystems müssen alle diese Momente nach Thunlichkeit Berücksichtigung finden; damit meinen wir aber nicht jenes so vielgepredigte rigoröse Schema, ein bis ins Lächerliche getriebenes System, sondern eine durch Erfahrung und Theorie allgemein oder nur örtlich entsprechende Aufeinanderfolge der Pflanzen, welche gestattet, die im Wirthschaftsbetriebe im Umlauf begriffenen Nährstoffmengen möglichst zu Gunsten der Vegetation der Culturpflanzen auszunützen und den Boden nicht nur vor Erschöpfung zu schützen, sondern ihn sogar zu bereichern und die chemischen und physikalischen Factoren seiner Fruchtbarkeit in entsprechendster Weise zu reguliren.

Die wirthschaftliche Systemisirung des Pflanzenbaues.

I. Charakteristik der einzelnen Wirthschaftssysteme.

Des Landwirths Aufgabe ist es nicht schlechthin, auf einem gegebenen Grund und Boden ein Maximum pflanzlicher Materie zu produciren, er soll vielmehr durch die Pflanzenproduction den möglich höchsten und nachhaltigen Reinertrag zu erzielen suchen.

Seine Maassnahmen werden demgemäss ihre Begründung theils in naturwissenschaftlichen (chemisch-physiologischen), theils in financiellen (wirthschaftlichen) Rücksichten suchen und finden müssen.

Die naturgesetzliche Seite der Pflanzenproduction ist in dem Vorausgegangenen, dem Zwecke des Buches entsprechend, ohne Rücksicht auf specielle locale Fälle dargelegt worden.

Der Landwirth hat nun diese allgemeinen Gesetze und Regeln seinen speciellen Zwecken und localen Verhältnissen gemäss zu verwerthen und sie den gegebenen Umständen anzupassen; er hat die zweckentsprechendste Productionsmethode ausfindig zu machen und danach sein Pflanzenbau-System (Wirthschafts-System) zu organisiren.

Die „localen Verhältnisse“ werden gebildet durch die natürlichen und die volkswirthschaftlichen Zustände einer bestimmten Gegend.

Der Einfluss der natürlichen Zustände, des Bodens und Klimas, einer Gegend auf die Wahl der anzubauenden Pflanzen und deren Productionskosten dürfte in den früheren Kapiteln dieses Buches genügend beleuchtet sein. In wie weit die volkswirthschaftlichen Zustände einer Gegend Einfluss auf die Wahl der

Pflanzenproductionsmethode und des Wirthschaftssystems nehmen, kann hier, als unserem Zwecke ferner liegend, nur angedeutet werden.

Settegast's*) Darlegungen folgend, theilen wir den Collectivbegriff „volkswirthschaftliche Zustände" in die Glieder

die wirthschaftliche Freiheit,
die Wirthschaftlichkeit,
die Bevölkerung,
der Markt und Verkehr.

Selbstverständlich ist es wohl, dass nur da, wo wirthschaftliche Freiheit herrscht und dem Landwirth nicht durch Zwang die Möglichkeit entzogen ist, das seinen Verhältnissen entsprechendste Feldsystem überhaupt zu wählen, gesunde Zustände im Wirthschaftskörper existiren können. Anarchieen, wie Despotieen wirken gleich hemmend auf die normalen Vorgänge in der Landwirthschaft.

Ebenso ist der Grad der Wirthschaftlichkeit, das Vorhandensein oder die Abwesenheit des wirthschaftlichen Sinnes, „der die Wirthschaft zu eigenem Nutzen und zum Heile des Gemeinwesens so einrichtet und führt, dass sie sich als lebendiges Glied dem gesammten Wirthschaftsorganismus einfügt und mit ihm civilisatorisch wirksam ist", maassgebend für das den localen Verhältnissen entsprechende Feldsystem.

Die Producte des Landwirthes dienen zur Befriedigung der Bedürfnisse der Bevölkerung. Je zahlreicher letztere, um so grösser, je weniger zahlreich, um so geringer sind die Anforderungen, welche an die Landwirthschaft gestellt werden. In spärlich bevölkerten Ländern wird demgemäss ein anderes Wirthschaftssystem berechtigt und am Platze sein als in dicht bevölkerten.

Markt und Verkehr sind gar bedeutsame Factoren für die Wahl eines Wirthschaftssystems! Durch Hilfe des Verkehrs vermag jede Wirthschaft auf der einen Seite das zu produciren, was den höchsten Gewinn verspricht, indem die Erzeugnisse auf dem Markte abgesetzt werden, der den lohnendsten Preis in Aussicht stellt; auf der anderen Seite die mannigfaltigen Lebensbedürfnisse und Hilfsmittel der Production von da zu beziehen, wo sie am billigsten zu haben sind.

Nach dem Gesagten dürfte es einleuchtend sein, dass die richtige Wahl des den localen Verhältnissen entsprechendsten Wirthschaftssystems keineswegs eine so einfache und leichte Sache ist, und dass von einem „absolut besten" Wirthschaftssystem nicht die

*) H. Settegast, Die Landwirthschaft und ihr Betrieb. 3 Bde. Breslau. W. G. Korn.

Rede sein kann, sondern dass jedes berechtigt ist, „sobald und so lange es den von der Natur gegebenen oder in der Volkswirthschaft begründeten Verhältnissen Rechnung trägt“. Settegast classificirt die Wirthschaftssysteme wie folgt:

Ungeschmälerte Weide- und Graswirthschaft.
Wilde Feldgraswirthschaft.

Geregelte Feldgraswirthschaft. — Körnerwirthschaft

Vervollkommnete geregelte Feldgraswirthschaft. — Verbesserte Körnerwirthschaft.

Fruchtwechselwirthschaft { stricte. / modificirte.

Industriewirthschaft.
(Das Speculationssystem. Die freie Wirthschaft.)

1. Die ungeschmälerte Weide- und Graswirthschaft.

Bei diesem Wirthschaftssystem dient die gesammte Fläche dem natürlichen Futterbau. Die Viehzucht oder der directe Verkauf des Futters sind die Mittel, von dem Boden Reinerträge zu erzielen. Nach Settegast gehören $^2/_3$ der Bodenfläche alles Gebirgslandes und ebensoviel der Bodenfläche der Tiefländer der Erde diesem System, welches einerseits den Uebergang vom Jägerleben zur Beschäftigung mit der Landwirthschaft anbahnt, andererseits aber auch inmitten wohlhabender Industriebezirke unter Umständen mit Vortheil in Anwendung gebracht werden kann.

2. Die wilde Feldgraswirthschaft.

„Seht Ihr nicht, dass die Weissen von Körnern, wir aber von Fleisch leben? Dass das Fleisch mehr als dreissig Monden braucht, um heranzuwachsen und oft selten ist? Dass jedes jener wunderbaren Körner, die sie in die Erde streuen, ihnen mehr als hundertfältig zurückgiebt? Dass das Fleisch, wovon wir leben, vier Beine hat zum Fortlaufen, wir aber deren nur zwei besitzen, um es zu haschen? Dass die Körner da, wo die weissen Männer sie hinsäen, bleiben und wachsen? Dass der Winter, der für uns die Zeit unserer mühsamen Jagden, ihnen die Zeit der Ruhe ist? Darum haben sie viele Kinder und leben länger als wir. — Ich sage also Jedem, der mich hören will: Bevor die Cedern unseres Dorfes vor Alter werden abgestorben sein, und die Ahornbäume des Thales

aufhören uns Zucker zu geben, wird das Geschlecht der kleinen Kornsäer uns Fleischesser vertilgt haben, insofern die Jäger sich nicht entschliessen zu säen". — Treffender als durch diese Worte des Häuptlings der Missisars an sein Volk, kann wohl kaum der Umschwung, den das Aufreissen des Bodens zur Saat, die Einführung des Pfluges, im Wirthschafts- und Culturleben der Nomaden- und Hirtenvölker hervorbringen musste, charakterisirt werden. „Erst mit der Aufnahme des Ackerbaues in den landwirthschaftlichen Betrieb eines Volkes ist die Möglichkeit seiner Fortentwickelung bis zur höchsten Stufe der Cultur gewonnen; der Pflug kettet an den Boden, führt den Sesshaften zur Gemeindebildung und zu einer Aufeinanderfolge wirthschaftlicher und sittlicher Läuterungsprocesse.

Die Noth führte zunächst zur wilden Feldgraswirthschaft. So lange der Anbau noch lohnend ist, folgt eine Körnerernte der anderen; dann überlässt man den erschöpften Boden der natürlichen Wiederberasung und benutzt ihn wie früher als Grasland. Inzwischen ist der Umbruch eines anderen Grundstücks erfolgt, das nun in der gleichen Weise ausgebeutet wird: So wandert der Pflug weiter und weiter, das für den Getreidebau nicht länger ergiebige Feld hinter sich zurücklassend" (Settegast).

Häufig ist mit der wilden Feldgraswirthschaft die Brandwirthschaft verbunden. Die Plaggen (siehe S. 516) werden abgeschält und verbrannt. Die aus diesem Verfahren resultirenden Vortheile sind bereits an citirter Stelle erläutert.

Da in diesem Stadium der wirthschaftlichen Entwickelung an die Erhaltung der Ertragsfähigkeit des Bodens und eine Rückgabe der entnommenen Nährstoffe durch Düngung nicht gedacht wurde und die Benutzung von Neuländereien bei der nun eingetretenen Sesshaftigkeit der Bevölkerung ihre Grenze hat, so musste allmählich eine entsprechende Modification des eingehaltenen Modus gewählt werden, sollte nicht die Landwirthschaft gänzlich verfallen. Entweder lässt man Frucht- und Grasbau auf ein und demselben Felde in regelmässiger Folge abwechseln, oder man theilt die disponibeln Ländereien in solche, die ausschliesslich dem Fruchtanbau, und solche, die dem Grasanbau dienen.

Ersteres Verfahren bezeichnet man als geregelte Feldgraswirthschaft, letzteres als Körnerwirthschaft.

3. Die geregelte Feldgraswirthschaft.

Ein wesentlicher Fortschritt liegt bei diesem System in der Benutzung des Düngers und in der Werthschätzung der thierischen

Excrete. „Mit dem Verlassen der Feldgraswirthschaft hört die kindliche Unbefangenheit des Landmannes auf; erst jetzt beginnt die Sorge für die Zukunft des Ackerbaues, die denkende Betrachtung landwirthschaftlicher Cultur und die Voraussicht der kommenden Ergebnisse ökonomischer Verfahrungsweisen".

Es handelt sich darum, die Körnererträge zu sichern.

Während die geregelte Feldgraswirthschaft sich den localen Boden- und klimatischen Verhältnissen leicht anpassen lässt, sowie Absatz und dadurch wesentliche Vortheile bietet, hat sie andererseits die durch die mehrjährige Aufeinanderfolge von Körnerernten und die sich daran anschliessende mehrjährige Benutzung des Ackers als Grasland (Dreisch — Dreesch) bedingten Nachtheile. Selten wird man kürzer als 3 Jahre Getreide aufeinander folgen lassen, aber es kommt wohl auch vor, dass man bis 9 Jahre Körner auf Körner folgen lässt; noch länger währt die Benutzung als Grasland, 4 Jahre ist das Minimum, aber auch 10 bis 15 Dreeschjahre sind nicht selten. Wie bedeutend sich bei solchem Verfahren die Körner- und Futtererträge durch die Erschöpfung des Bodens an Nährstoffen, durch die Verschlechterung seiner physicalischen Beschaffenheit, durch Moosbildung und Ueberwucherung des Unkrautes u. s. w. vermindern müssen, ist leicht einzusehen.

Die Nachtheile zu beseitigen, schränkte man die Dauer des Dreesches ein, überliess auch nicht der Natur die Ansaat desselben, sondern verwendete Klee- und Grassaatmischungen, um baldige und sichere Erträge zu haben. Mit dem Getreidebau wartete man auch nicht, bis die Dreeschfelder vollständig erschöpft waren, sondern säete Getreide so lange die Futterfelder noch im guten Düngungszustande waren — so entstand

4. Die vervollkommnete und geregelte Feldgraswirthschaft,

deren Hauptrepräsentanten die holsteinische, mecklenburgische und märkische Koppelwirthschaften (Koppel = ein mit Zäunen, Erdwällen u. s. w. eingefriedetes Feld) sind.

Eine bestimmte Zahl von Schlägen und eine regelmässige Fruchtfolge wurde bei dem älteren holsteinischen Ackerbau nicht eingehalten. Man hatte jedoch gewöhnlich nicht unter 10 und sehr selten mehr als 14 Schläge (Koppeln). Bei 10 Schlägen fand nach der ursprünglich landesüblichen Einrichtung folgende Fruchtfolge statt:

1. Dreeschhafer,
2. Brache und Düngung,
3. Winterkorn,
4. Sommerkorn,
5. Winterkorn und Sommerkorn,
6.—10. Weide.

oder

1. Brache,
2. Weizen,
3. Gerste,
4. Roggen,
5. Hafer mit Klee- u. Grassaat,
6. Mäheklee,
7—9. Weide.

Bei dem feuchten Klima, dem urkräftigen Boden und der niedrigen Lage Holsteins ist das den Graswuchs und damit die Viehzucht begünstigende System gewiss nicht unrichtig.

Mecklenburg hat nicht so kräftigen Boden wie Holstein und musste demgemäss sein Pflanzenbau-System modificiren. Die seit Anfang des 18. Jahrhunderts eingeführten mecklenburgischen Schlagwirthschaften räumten dem Getreidebau mehr Terrain ein; besonders wurde Winterkorn gebaut, einmal weil dasselbe auf einem armen Boden am sichersten geräth und dann, weil es am leichtesten abzusetzen ist. Es wurde daher der Brachbearbeitung eine besonders grosse Sorgfalt gewidmet und hierin sind die Mecklenburger in ganz Deutschland berühmt geworden.

Gewöhnlich hat man 7 Schläge:

1. Brache, gedüngt,
2. Winterkorn,
3. Sommerkorn,
4. Erbsen oder Hafer mit Klee,
5—7. Weide.

Die märkische Koppelwirthschaft entlehnte von der Form der Feldgraswirthschaft die mehrjährigen Futter- und Weidefelder, von der Fruchtwechselwirthschaft möglichste Trennung der Getreidesaaten durch Einschiebung von Hülsenfrüchten, deren Anbau sie eine hervorragende Stellung einräumte. Eine entsprechende Fruchtfolge ist:

1. Kartoffeln gedüngt,
2. Gerste und Sommerroggen,
3. Erbsen und Buchweizen (gelbe Lupine),
4. Roggen,
5. Kartoffeln gedüngt,
6. Gerste od. Hafer mit rothem oder weissen Klee,
7. Mäheklee und Weide,
8—9. Weide,
10. Dreeschbrache,
11. Winterkorn,
12. Sommerkorn.

5. Die Körnerwirthschaft.

Oben ist schon angedeutet worden, wie sich die Körnerwirthschaft aus der wilden Feldgraswirthschaft entwickelt hat. Boden, Klima, Lage der Grundstücke zum Wirthschaftshofe, Nachfrage u. dgl.

sind die maassgebenden Factoren für die Wahl des Körnerwirthschafts-Systems, das sich seit den ältesten Zeiten bis in die Gegenwart erhalten hat.

Die einfachste Körnerwirthschaft ist wohl die Einfelder- oder Erzkörnerwirthschaft. Anfänglich weit verbreitet, verschwand sie, um vereinzelt bei Benutzung sehr kleiner Acker- und Gartengrundstücke in hochcultivirten Ländern wieder aufzutreten.

Aus der Einfelderwirthschaft ging die Zweifelderwirthschaft hervor. Man baute:

1. Winterroggen,
2. Sommerroggen, Hafer u. Gerste, wohl auch Buchweizen.

Die Stoppeln des Sommerfeldes werden gleich nach der Ernte umgebrochen und abgeegget, darauf Mist gefahren und dann noch einmal zur Winterroggensaat gepflügt. Das Getreide leidet bei diesem System sehr durch Unkräuter.

Bei ungünstigen klimatischen und Bodenverhältnissen sah man sich zu einem anderen Modus der Zweifelderwirthschaft genöthigt. Man hatte die Folge:

1. Brache,
2. Getreide,

aus welcher das „Prototyp der Körnerwirthschaft", die Dreifelderwirthschaft, mit der Fruchtfolge:

1. Brache,
2. Wintergetreide,
3. Sommergetreide

hervorging.

Wo der Dreifelderwirthschaft nicht genügende Grasländereien zur Erhaltung der Fruchtbarkeit der Felder und zum Ersatz der auf die ausgeführten Körnermassen dem Boden entzogenen Nährstoffe zur Verfügung standen, musste sich bald ein starkes Sinken der Körnererträge einstellen. Man schritt an die Verbesserung des Systems zunächst durch Beschränkung oder Auflassung der schwarzen Brache und der Benutzung des Brachschlages zu einer Vorfrucht, obgleich, wenn nicht die grösste Sorgfalt in der Vorbereitung des Landes für die Vorfrucht angewendet wurde, nicht nur diese, sondern auch das Wintergetreide häufig missriethen. Es galt ferner die richtigen Vorfrüchte ausfindig zu machen, die nicht allein genügendes Futter lieferten, sondern auch den Acker in einem solchen Zustande hinterliessen, dass die Ernten der Nachfrüchte möglichst gesichert wurden. Klee und Hackfrüchte waren die Pflanzen, auf welche man zunächst die Aufmerksamkeit richtete. So entstand:

6. Die verbesserte Körnerwirthschaft.

Als Beispiele für die Fruchtfolge bei einer verbesserten Körnerwirthschaft seien angeführt:

I.	II.
1. Wickengemenge und Hülsenfrüchte,	1. Schwarze Brache,
2. Roggen,	2. Roggen,
3. Gerste,	3. Gerste,
4. Klee,	4. Klee,
5. Roggen,	5. Weizen,
6. Hafer,	6. Hafer.

Die verbesserte Körnerwirthschaft führt gleich wie die geregelte vervollkommnete Feldgraswirthschaft zur

7. Fruchtwechselwirthschaft,

deren Kriterium darin besteht, dass sie, von natürlichen Grasländereien unabhängig, Futterpflanzen (Klee und Hackfrüchte) in genügender Menge anbaut, um der Viehzucht eine hervorragende Stelle im Betriebe anzuweisen. Damit ist verknüpft, dass die Gutswirthschaft, wenn auch nicht den ganzen erforderlichen Dünger, so doch den bedeutend überwiegenden Theil aus eigenem Erzeugniss gewinnen muss.

Nicht überflüssig scheint es, zu betonen, dass das Wechseln im Anbau der Feldfrüchte und die Fruchtwechselwirthschaft daher nicht identisch sind.

Abgesehen von der naturwissenschaftlichen Seite bietet auch in wissenschaftlicher Beziehung die Fruchtwechselwirthschaft mannigfache Vortheile. Erstere sind theils schon S. 519 erörtert worden, theils werden sie bei der Besprechung der statischen Momente der einzelnen Wirthschaftssysteme zur Sprache kommen. Letztere präcisirt Settegast dahin, dass die Fruchtwechselwirthschaft besonders geeignet sei, mit mannigfaltigeren landwirthschaftlichen Erzeugnissen den Markt reichlich zu versorgen und dadurch den Bedürfnissen der volkswirthschaftlichen Thätigkeit entgegenzukommen; ferner sich wegen ihrer Biegsamkeit und Beweglichkeit leicht den Verhältnissen anzupassen und bei dem Wechsel derselben so zu modificiren, dass sie mit ihnen in Uebereinstimmung bleibt. — „Das Landgut ist ohne Veränderung seines räumlichen Umfanges grösser, leistungsfähiger für Productionszwecke geworden; es erzeugt quantitativ mehr, qualitativ mehrseitiger“.

Lange Zeit hielt man die Fruchtwechselwirthschaft für das einzig wahre System und besonders den Anhängern der Sommerstallfütterung erschien jedes andere irrationell. Jetzt, wo die Rentabilitätsfrage das für die Wahl eines Wirthschaftssystems Ausschlag gebende Moment ist, sieht man in der Fruchtwechselwirthschaft nicht das ausschliessliche Heil.

Als Muster-Fruchtfolge galt die sogenannte Norfolker:

1. Rüben,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Weizen,

ihr suchte man sich möglichst anzupassen; freilich nicht ohne bei zu stricter Observanz häufige Misserfolge.

Man modificirte, verbesserte, beseitigte die Einseitigkeiten und, wie schon erwähnt, besitzt ja das Fruchtwechsel-System ein grosses Accommodations-Vermögen. Der Rahmen, innerhalb welchem sich gegenwärtig dieses System bewegt, wird einerseits gebildet durch die Forderung, dass der dritte Theil des Ackerareals dem Anbau von Futtergewächsen, und andererseits umgekehrt, dass der dritte Theil der Ackerfläche den Körnerfrüchten, zwei Drittel dagegen den Futtergewächsen eingeräumt werden sollen.

Entsprechende Fruchtfolgen sind etwa folgende:

I.

$^2/_3$ Körner $^1/_3$ Futtergewächse:

1. Rüben,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Weizen,
5. Erbsen,
6. Roggen.

II.

Weniger als $^2/_3$ aber mehr als $^1/_2$ Körner:

1. Rüben,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Raps,
5. Weizen.

III.

$^1/_2$ Körner $^1/_2$ Futtergewächse:

1. Rüben,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Weizen,
5. Grünwicken,
6. Roggen.

IV.

Weniger als $^2/_3$, aber mehr als $^1/_2$ Futtergewächse:

1. Rüben,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Klee,
5. Weizen.

V.

$^2/_3$ Futtergewächse $^1/_3$ Körner:

1. Kartoffeln,
2. Gerste,
3. Klee,
4. Lupine zur Heugewinnung,
5. Roggen.

8. Das industrielle System.

(Die landwirthschaftliche Industriewirthschaft.)

Während das Fruchtwechselwirthschaftssystem Futterproduction, Viehhaltung zur Voraussetzung hatte und dadurch mehr oder weniger gebunden blieb, ist die technische Verwerthung, die den Bedürfnissen und der Nachfrage entsprechendste Verarbeitung der Rohproducte bei der Industriewirthschaft das leitende Moment. Spiritus, Oel, Zucker, Stärke, Bier und ähnliche Fabrikate werden aus der Wirthschaft ausgeführt und dadurch nicht allein eine wesentlich höhere Verwerthung des Rohmaterials erzielt, sondern auch bei verhältnissmässig geringem Export von mineralischen Pflanzennährstoffen dem Betrieb werthvolle Futter- und Düngestoffe in den Abfällen zur Verfügung gestellt. Durch die Concentration der nutzbaren Stoffe wird ferner das Absatzgebiet erweitert und durch die geregelte Arbeitsvertheilung die Arbeiterverhältnisse im Allgemeinen günstigere. Nicht minder schätzenswerth ist die Freiheit, „Futterbau dann und dort zu treiben, wann und wo es lohnend erscheint; ihn aufzugeben und die Cultur anderer Gewächse an seine Stelle treten zu lassen, sobald dieses Verfahren dauernd einen höheren Reinertrag in Aussicht stellt". Die Industriewirthschaft findet sich nicht durch die eigene Production beschränkt, ihr Einfluss reicht oft über die Grenzen der eigenen Wirthschaft hinaus, sie führt Rohstoffe ein, um durch Arbeit und Capital veredelte, vom Markte geforderte und gutgezahlte Fabrikate auszuführen.

Die Fruchtfolge wird bei dem industriellen System je nach der Art des technischen Etablissements, zu dem sich der Landwirth nach sorgfältigster Prüfung aller maassgebenden Factoren entschlossen hat, eine sehr verschiedene sein können. Durch Anwendung von Handelsdüngemitteln und vervollkommneter Culturgeräthe erhält der Landwirth freieren Spielraum in der Wahl der anzubauenden Pflanzen und auch in der Ausnutzung seines Terrains.

Sämereien, Gemüse, Obst, Hopfen, Tabak, Droguenpflanzen werden in kleineren Industriewirthschaften, Zuckerrüben, Kartoffeln, Oel- und Gepinnstgewächse, Getreide u. s. w. in grösseren Industriewirthschaften angebaut werden.

Unter Umständen kann bei der Industriewirthschaft auch der Futterbau eine maassgebende Stellung einnehmen, wenn die Fabrikation von Butter und Käse den höchsten Reinertrag bietet.

An eine streng geregelte Fruchtfolge hält sich also das industrielle System nicht; nichts desto weniger wird sich für jeden speciellen Fall eine Fruchtfolge als die relativ beste erweisen.

Bei Zuckerfabrikswirthschaften findet man häufig die Fruchtfolge:

1. Rüben,
2. Weizen,
3. Rüben,
4. Hafer.

Bei mit Brennereien verbundenen Wirthschaften:

1. Kartoffeln,
2. Gerste,
3. } Klee,
4. }
5. Kartoffeln,
6. Sommerung,
7. Kartoffeln,
8. Gerste,
9. Erbsen,
10. Roggen.

9. Das Speculationssystem.

(Die freie Wirthschaft.)

Während das eben besprochene industrielle System doch noch, wenn auch bedeutend weniger als die Fruchtwechselwirthschaft, eine Reihenfolge im Anbau der Culturpflanzen festhält und „Jahre hindurch auch ungünstige Conjuncturen in der Ueberzeugung hinnimmt, dass in anderen Jahren entsprechend höhere Preise den Ausgleich herbeiführen werden", hält sich die Speculationswirthschaft in ihrer Productionsrichtung lediglich nach den augenblicklich herrschenden Conjuncturen, „denen sie in dem Grade nachgiebt, dass von Jahr zu Jahr der Plan für die Bewirthschaftung des Landgutes von Neuem aufgestellt wird". Es wird angebaut, was momentan am meisten „gefragt" wird, was also den höchsten Reinertrag in Aussicht stellt. Da aber auf die Conjuncturen die verschiedenartigsten und unberechenbarsten Factoren influiren, so sind bei der Speculationswirthschaft Enttäuschungen nichts seltenes und ebenso oft, als sie bedeutende Reinerträge liefern, können sie auch den Unternehmer in kürzester Zeit ruiniren. Das Industriesystem mit seinen den betreffenden Maassnahmen zu Grunde gelegten längeren Zeiträumen und Durchschnittspreisen ist zu Zeiten vielleicht weniger ergiebig, aber jedenfalls sicherer als das sprungweise operirende und daher gefährliche Speculationssytem.

Die Durchführung einer freien Wirthschaft im vollsten Sinne des Wortes wird immer ein unerreichbarer Traum derer bleiben, welche Freiheit, wie so oft im Alltagsleben, mit Schrankenlosigkeit verwechseln. Die Natur bietet Schranken, welche Niemand ungestraft zu ignoriren vermag.

Oben schon ist es bemerkt und hier sei es wiederholt, dass ein absolut bestes Wirthschaftssystem nicht existirt, sondern nur ein relativ bestes, jenes nämlich, welches die grösste Rentabilität bedingt.

Die drei wirthschaftlichen Factoren: Natur, Capital und Arbeit können bei einem Wirthschaftssystem in sehr variabler Weise auf dessen Rentabilität Einfluss nehmen; unverrückbare Normen lassen sich daher für den Intensitätsgrad der einzelnen Wirthschaftssysteme auch nicht aufstellen.

Settegast (a. a. O.) gruppirt die Abstufungen der Intensität des Landwirthschaftsbetriebes, das denkbar höchste Productionsergebniss = 100 angenommen, folgendermassen:

	Von den Productionsfactoren liefern: Natur.	Arbeit- u. Capital. Effecteinheiten.	Ergebniss des Productionsactes
Abstufungen des intensiven Betriebes	33	67	100
		58	91
		50	83
Abstufungen des mediären Betriebes		42	75
		34	67
		26	59
Abstufungen des extensiven Betriebes		17	50
		9	42
		1	34

Häufig, wenn auch keineswegs immer, wird man wählen, wenn angezeigt ist:

extensiver Betrieb { die ungeschmälerte Weide- und Graswirthschaft oder die wilde Graswirthschaft.

mediärer Betrieb { die Körnerwirthschaft oder die geregelte Feldgraswirthschaft.

intensiver Betrieb { die Fruchtwechselwirthschaft oder die Industriewirthschaft.

II. Die Wirthschaftssysteme mit Rücksicht auf die Bodenerschöpfung und den Ersatz.

Um die Art und Grösse der Bodenerschöpfung bei den verschiedenen Wirthschaftssystemen beurtheilen zu können, reicht es nicht aus, zu wissen, in welcher Art und Menge die verschiedenen Culturpflanzen dem Boden Nährstoffe entziehen (S. 325), sondern man muss feststellen, welche Mengen der wichtigsten Nährstoffe in Form von Marktproducten*) die Wirthschaft verlassen, weil nur diese letzteren vollständig entzogen werden.

Am stärksten wird die Erschöpfung durch den Verkauf des auf Feldern und Wiesen geernteten Futters; schon weniger wird durch den Wurzel-, Knollen- und Körnerverkauf dem Boden entzogen; die geringste Ausfuhr und daher auch die geringste Erschöpfung des Bodens findet statt, wenn nur Fabrikproducte als

*) Die Zusammensetzung einiger der häufigsten Marktproducte einer Wirthschaft ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Bezeichnung der Stoffe	Wasser	Stickstoff	Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure
Lebender Ochs	59,7	2,66	4,66	0,17	0,14	2.08	0,06	1,86	—	0,01
Ochsenfleisch	77,0	3,60	1,26	0,52	—	0,02	0,04	0,43	0,04	0,03
Lebendes Kalb	66,2	2,50	3,80	0,24	0,06	1,63	0,05	1,38	—	0,01
Kalbfleisch	78,0	3,49	1,20	0,41	0,10	0,02	0,02	0,58	—	0,01
Lebendes Schaf	59,1	2,24	3,17	0,15	0,14	1,32	0,04	1,23	—	0,02
Lebendes Schwein	52,8	2,00	2,16	0,18	0,02	0,92	0,04	0,88	—	—
Schweinefleisch	74,0	3,47	1,04	0,39	0,05	0,08	0,05	0,46	—	—
Zuwachs bei Jungvieh	—	2,47	3,88	0,19	—	—	—	1,49	—	—
Zuwachs bei Mastvieh	—	1,16	0,29	0,12	—	—	—	0,13	—	—
Kuhmilch	87,5	0,51	0,62	0,15	0,06	0,13	0,02	0,17	—	—
Schafmilch	86,0	0,55	0,84	0,18	0,03	0,25	0,01	0,30	0,01	0,02
Käse	45,0	4,53	6,74	0,25	2,66	0,69	0,02	1,15	—	—
Eier	67,2	2,18	6,18	0,15	0,14	5,40	0,10	0,37	0,01	0,01
Wolle, gewaschen	12,0	9,44	0,97	0,18	0,03	0,24	0,06	0,03	—	0,25
Wolle, ungewaschen	15,0	5,40	9,88	7,46	0,19	0,42	0,16	0,11	0,40	0,30
Bier	90,0	—	0,62	0,21	0,06	0,02	0,04	0,20	0,02	0,06
Melasse	17,2	1,28	8,23	5,75	1,00	0,47	0,03	0,05	0,17	0,03
Rohzucker	—	—	1,00	0,55	0,17	0,06	—	—	0,12	—
Flachsfaser	—	—	0,76	0,04	0,04	0,40	0,03	0,08	0,03	0,09
Mehl	13,6	1,89	0,72	0,26	0,01	0,02	0,14	0,85	—	—
Darrmalz	7,50	1,60	2,66	0,46	—	0,10	0,22	0,97	—	0,88
Wein und Most	86,6	—	0,21	0,13	—	0,01	0,01	0,04	0,01	—

Marktwaare exportirt werden und die Abfälle von den Fabrikaten in der Wirthschaft bleiben. Hieraus ergibt sich am deutlichsten die hohe Wichtigkeit der landwirthschaftlichen Hilfsgewerbe für den Wirthschaftsbetrieb. Es ist ferner rücksichtlich der Bodenerschöpfung durchaus nicht gleichgiltig, ob irgend ein Wirthschaftssystem das Hauptgewicht auf Ausfuhr von Marktfrüchten oder Vieh (Fleisch, Wolle, Milch, Butter, Käse) legt. Das Zurücktreten des Marktfruchtbaues gegen die Viehhaltung mit in den Vordergrund tretendem Ankauf und Mästung von ausgewachsenen Thieren reducirt die zur Ausfuhr gebrachten Mineralstoffe auf ein Minimum und die Fruchtbarkeit des Bodens nimmt stetig zu. Ebenso wird eine Vermehrung der Bodenkraft eintreten müssen, wenn zum landwirthschaftlichen Gewerbebetrieb noch Rohstoffe von aussen zugeführt werden, wenn z. B. Brauereien die Gerste, Mais u. s. w., Brennereien die Melasse, Zuckerfabriken die Rüben beziehen.

Wie sich die einzelnen vorher kurz charakterisirten Wirthschaftssysteme bezüglich der Bodenerschöpfung darstellen, mögen nachstehende Tabellen erläutern:

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen bei einer geregelten Feldgraswirthschaft:

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Hafer, Körner	1957	9,28	5,66	12,13	52,83	37,57
„ Stroh	5874	59,31	30,53	11,16	237,30	32,89
2. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
3. Roggen, Körner	1566	9,22	4,06	13,15	28,03	27,56
„ Stroh	5874	51,09	27,01	12,33	237,89	23,49
4. Gras	2741	60,84	15,34	16,99	159,52	44,67
5. Gras	2741	60,84	15,34	16,99	159,52	44,67
6. Gras	2741	60,84	15,34	16,99	159,52	44,67
In den 6 Jahren dem Boden entzogen	27233	344,45	126,99	116,48	1163,33	297,84
In den 6 Jahren dem Boden entzogen, wenn alle Körner verkauft wurden	5304	27,57	14,16	39,00	120,42	93,64
In den 6 Jahren ausgeführt, wenn nur Gerste und Roggen verkauft wurde	3447	18,29	8,50	26,87	67,59	56,07
Wenn Körner und Stroh verfüttert werden	kommen alle Stoffe bis auf einen geringen Theil, je nach der Nützung der Thiere wieder in den Boden zurück.*)					

*) Nach Stöckhardt werden einem Quantum von 19600 Kgr. Stroh, 2520 Kgr. Getreide, 5600 Kgr. Heu, 1960 Kgr. Hülsenfrüchten, 11200 Kgr. Kartoffeln, 19600 Kgr. Rüben, 1960 Kgr. Oelfrüchten entzogen:

	Phosphorsäure	Kali	Kalk u. Talkerde	Stickstoff
Beim Verfüttern an Milchvieh	4,48 Kgr.	4,48 Kgr.	2,80 Kgr.	4,48 Kgr.
„ „ „ Aufzuchtvieh	5,60 „	1,12 „	5,60 „	8,40 „
„ „ „ Mastvieh	1,68 „	0,28 „	1,40 „	3,36 „

II.

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen bei einer vervollkommneten geregelten Feldgraswirthschaft (neue holsteinische Koppelwirthschaft):

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Brache	—	—	—	—	—	—
2. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
3. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
4. Roggen, Körner	1566	9,22	4,06	13,15	28,03	27,56
„ Stroh	5874	51,09	27,01	12,33	237,89	23,49
5. Hafer, mit Klee und Grassaat { Körner	1957	9,28	5,66	12,13	52,83	37,57
5. Hafer, mit Klee und Grassaat { Stroh	5874	59,31	30,53	11,16	237,30	32,89
6. Mäheklee	4895	140,43	104,84	25,01	293,70	113,58
7. Weide	2741	60,43	15,34	16,99	159,52	44,67
8. Weide	2741	60,43	15,34	16,99	159,52	44,67
In den 8 Jahren dem Boden entzogen	35776	464,00	237,26	151,07	1516,46	432,83
In den 8 Jahren ausgeführt, wenn Weizen-, Gersten- und Roggenkörner verkauft wurden	5620	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36

III.

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen, bei der Körnerwirthschaft (Dreifelderwirthschaft):

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Brache	—	—	—	—	—	—
2. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
3. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
In den 3 Jahren dem Boden entzogen	10128	72,99	34,48	43,31	347,67	108,40
In Marktproducten werden in den 3 Jahren ausgeführt, wenn Körner verkauft und Stroh verfüttert wird	4054	22,02	10,34	31,68	77,99	75,80
In Marktproducten werden ausgeführt in 3 Jahren, wenn die Gerste verbraut und Weizen ausgeführt wird, die Abfälle von der Biererzeugung und das Stroh aber in der Wirthschaft bleiben*)	—	17,31	6,52	26,20	38,43	47,29

*) Hierbei ist angenommen, dass von den Stoffen der Gerste etwa 70% Phosphorsäure, 52% Kali und 86% Kalk und Talkerde der Wirthschaft in Form von Abfällen zukommen.

IV.

Es werden pro Hectar entzogen bei der verbesserten Körner- bez. Dreifelderwirthschaft:

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Brache	—	—	—	—	—	—
2. Roggen, Körner	1566	9,22	4,06	13,15	28,03	27,86
„ Stroh	5874	51,09	27,01	12,33	237,89	23,49
3. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
4. Klee	4895	140,43	104,84	25,01	293,70	113,58
5. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
6. Hafer, Körner	1957	9,28	5,66	12,13	52,83	37,57
„ Stroh	5874	59,31	30,53	11,16	237,30	32,89
In den 6 Jahren dem Boden entzogen	30,294	342,32	206,58	117,09	1197,42	343,49
In Marktproducten werden in den 6 Jahren ausgeführt, wenn Roggen-, Gersten- und Weizenkörner verkauft werden, Stroh, Klee und Hafer in der Wirthschaft bleiben	5620	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36

V.

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen bei der Fruchtwechselwirthschaft, mit weniger als 2/3 und mehr als 1/2 Körnerfrüchten:

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Rübe, Wurzel	44055	233,48	26,42	26,43	330,41	79,29
„ Blätter	11748	82,18	34,06	9,39	165,64	35,24
2. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
3. Klee	4895	140,43	104,84	25,01	293,70	113,58
4. Raps, Körner	1615	16,46	16,30	26,64	63,14	50,38
„ Stroh	3524	52,50	49,68	8,45	143,77	19,73
5. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
In den 5 Jahren dem Boden entzogen	75965	598,04	265,78	139,23	1344,33	406,62
In Marktproducten werden in den 5 Jahren ausgeführt, wenn Körner und Wurzeln verkauft werden	49724	271,96	53,06	84,75	471,54	205,47
In den 5 Jahren ausgeführt, wenn nur Körner verkauft werden	5669	38,48	26,64	58,32	141,13	126,18

VI.

Es werden pro Hectar dem Boden entzogen bei der Fruchtwechselwirthschaft mit $^1/_2$ Körnerfrüchten und $^1/_2$ Futtergewächsen:

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Kartoffeln, Knollen	13706	80,86	8,22	21,92	128,83	46,60
„ Kraut	1468	6,89	14,24	2,35	28,93	7,19
2. Gerste, Körner	1781	9,07	4,44	13,72	39,56	28,51
„ Stroh	2158	23,96	9,27	3,02	89,16	13,81
3. Klee	4895	140,43	104,84	25,01	293,70	113,58
4. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
5. Grünwicken	2153	28,43	41,56	5,81	94,99	25,84
6. Roggen, Körner	1566	9,22	4,06	13,15	28,03	27,56
„ Stroh	5874	51,09	27,01	12,33	237,89	23,49
In den 6 Jahren dem Boden entzogen	39790	389,91	234,41	123,88	1160,04	352,66
In den 6 Jahren ausgeführt, wenn Körner und Knollen verkauft werden	19326	112,10	22,62	66,75	234,85	149,96
In den 6 Jahren ausgeführt, wenn nur Körner verkauft werden	5610	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36

VII.

Es werden pro Hectar entzogen bei der Industriewirthschaft:

Culturpflanzen	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Rüben, Wurzel	29370	135,09	26,42	23,49	208,52	46,99
„ Blätter	6853	63,04	37,00	8,90	124,03	21,55
2. Weizen, Körner	2273	12,95	5,90	17,96	38,43	47,29
„ Stroh	3916	27,01	14,87	8,61	180,52	18,79
3. Rüben, Wurzel	29370	135,09	26,42	23,49	208,52	46,99
„ Blätter	6853	63,04	37,00	8,90	124,03	20,55
4. Hafer, Körner	1957	9,28	5,66	12,13	52,83	37,57
„ Stroh	5874	59,31	30,53	11,16	237,30	32,89
In den 4 Jahren dem Boden entzogen	86466	504,81	183,80	114,64	1174,18	271,62
In 4 Jahren ausgeführt, wenn Rüben und Weizen verkauft, Hafer, Stroh und Blätter verfüttert werden	61013	283,13	58,74	64,94	455,47	141,27
In den 4 Jahren ausgeführt, wenn alle Rückstände*) bei der Zuckererzeugung in der Wirthschaft bleiben und nur Weizen ausgeführt wird	—	29,16	42,89	17,96	38,43	122,48

*) Hierbei ist angenommen, dass in den sammelbaren Abfällen in der Wirthschaft zurückbleiben: 94 Proc. Alkalien, 30 Proc. Kalk und Talkerde, 20 Proc. Stickstoff.

Den Vergleich mögen nachfolgende beide Zusammenstellungen erleichtern:

I.

Es werden pro Hectar von der Wirthschaft ausgeführt:

	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Bei einer geregelten Feldgraswirthschaft 6 J.	27233	344,45	126,99	116,48	1163,33	297,84
a. wenn alle Körner verkauft werden . . .	5304	27,57	14,16	39,00	120,42	93,64
b. wenn nur Gerste u. Roggen verkauft werden	3447	18,29	8,50	26,87	67,59	56,07
2. Bei einer neueren holsteinischen Koppelwirthschaft 8 J.	35776	464,00	237,26	151,07	1516,46	432,83
a. wenn Weizen-, Gerste- u. Roggenkörner verkauft werden	5620	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36
3. Bei Körnerwirthschaft (Dreifelderwirthschaft 3 J.)	10128	72,99	34,48	43,31	347,67	108,40
a. wenn Körner verkauft werden, Stroh verfüttert wird	4054	22,02	10,34	31,68	77,99	75,80
b. wenn die Gerste verbraut, der Weizen verkauft, die Abfälle von der Biererzeugung u. das Stroh verfüttert wird		17,31	6,52	26,20	38,43	47,29

	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
4. Bei verbesserter Körnerwirthschaft 6 J. .	30294	342,32	206,58	117,09	1197,42	343,49
a. wenn Roggen-, Gerste- u. Weizenkörner verkauft werden, Stroh, Klee u. Haferkörner in der Wirthschaft bleiben	5620	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36
5. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (weniger als $^2/_3$ K., mehr als $^1/_2$ K.) 5 J.	75965	598,04	265,78	139,23	1344,33	406,62
a. wenn Körner und Wurzeln verkauft werden	49724	271,96	53,06	84,75	471,54	205,47
b. wenn nur Körner verkauft werden . . .	5669	38,48	26,64	58,32	141,13	126,18
6. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (mit $^1/_2$ K. und $^1/_2$ F.) 6 J.	39790	389,91	234,41	123,88	1160,04	352,66
a. wenn Körner und Knollen verkauft werden	19326	112,10	22,62	66,75	234,85	149,96
b. wenn nur Körner verkauft werden. . . .	5610	31,24	14,40	44,83	106,02	103,36
7. Bei der Industriewirthschaft 4 J. . . .	86466	504,81	183,80	114,64	1174,18	271,62
a. wenn Rübe und Weizen verkauft, Hafer, Stroh und Blätter verfüttert werden . . .	61013	283,13	58,74	64,90	455,47	141,27
b. wenn nur Weizen ausgeführt wird, alle Rückstände aber bei der Zuckerfabrication in der Wirthschaft bleiben		29,16	42,89	17,96	38,43	122,48

II.

Es werden pro Hectar und Jahr aus der Wirthschaft ausgeführt:

	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
1. Bei einer geregelten Feldgraswirthschaft .	5439	57,41	21,16	19,41	193,89	49,64
a. wenn alle Körner verkauft werden . . .	884	4,59	2,36	6,5	20,07	15,60
b. wenn nur Gerste u. Roggen verkauft werden	574	3,05	1,41	4,48	11,26	9,34
2. Bei einer neueren holstein'schen Koppelwirthschaft	4472	58	29,66	18,88	189,56	54,10
a. wenn Weizen-, Gersten- und Roggenkörner verkauft werden	702	3,90	1,80	5,60	13,25	12,92
3. Bei Körnerwirthschaft (Dreifelderwirthschaft)	3376	24,33	11,49	14,43	115,89	36,10
a. wenn die Körner verkauft, Stroh verfüttert wird	1351	7,34	3,45	10,56	25,99	25,26
b. wenn die Gerste verbraut, der Weizen verkauft, die Abfälle von der Biererzeugung und das Stroh verfüttert wird		5,77	2,17	8,73	12,81	15,76

	Erntemenge	Alkalien	Kalk- und Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilogramm					
4. Bei verbesserter Körnerwirthschaft . . .	5049	57,05	34,43	19,51	199,57	57,25
a. wenn Roggen-, Gersten- und Weizenkörner verkauft werden, Stroh, Klee und Haferkörner in der Wirthschaft bleiben	937	5,21	2,40	7,47	17,67	17,23
5. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (weniger als $^2/_3$ mehr als $^1/_2$ K.)	15193	119,61	53,15	27,84	268,86	81,32
a. wenn Körner und Wurzeln verkauft werden	9945	54,39	10,61	16,95	94,31	41,09
b. wenn nur Körner verkauft werden . . .	1134	7,69	5,33	11,66	28,22	25,23
6. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (mit $^1/_2$ K. und $^1/_2$ F.)	6631	64,98	39,07	20,65	193,34	58,78
a. wenn Körner und Knollen verkauft werden	3221	18,68	3,77	11,13	39,14	24,99
b. wenn nur Körner verkauft werden . . .	935	5,21	2,40	7,47	17,67	17,23
7. Bei der Industriewirthschaft	21616	126,20	45,95	28,66	293,54	67,90
a. wenn Rüben und Weizen verkauft, Hafer, Stroh und Blätter verfüttert werden . . .	15253	70,78	14,68	16,22	113,87	35,31
b. wenn nur Weizen ausgeführt wird, alle Rückstände bei der Zuckerfabrikation aber in der Wirthschaft bleiben		7,29	10,72	4,49	9,61	30,62

Der Ersatz der dem Boden durch die ausgeführten Marktproducte entzogenen Stoffe lässt sich liefern:

1. Durch den Boden selbst, indem der Verwitterungsprocess Nährstoffe löslich und den Pflanzen verfügbar macht (Tiefcultur);

2. durch das verfütterte Wiesenheu, dessen Nährstoffe dem Ackerboden als Stalldünger zu Gute kommen, vorausgesetzt, dass der Wiesenertrag ohne Dünger aus der Wirthschaft, also durch natürliche Einwirkung (Verwitterung, Bewässerung) auf gleicher Höhe bleibe; endlich

3. durch Zufuhr von käuflichen Dünge- und Futtermitteln und Streumaterial.

Im Grossen dürfte aber der Ersatz durch Wieswuchs und Ankauf von Dünger, Futter oder Streumaterial wohl zunächst zu berücksichtigen sein, denn die nur langsam wirkende Verwitterung kann für eine Pflanzenproduction, wie sie die Gegenwart verlangt, keinen sehr beträchtlichen Beitrag liefern. Genug, der Landwirth hat unter allen Umständen und mit Berücksichtigung der Localverhältnisse dafür zu sorgen, dass er den Verlust an jenen wichtigen Nährstoffen, die er dem Boden in ausgeführten Marktproducten entzieht, durch eine oder mehrere der oben angeführten Ersatzquellen deckt.

Wir wollen nun zuvörderst ermitteln, wie weit dies durch den Wieswuchs allein geschehen kann. Dabei muss sich ergeben, wie viel Wiesenland für die durchzuführenden Wirthschaftssysteme nöthig wäre, um die Ausfuhr an den genannten Stoffen durch Heu zu decken.

Angenommen ein Hectar Wiese liefert 100 Centner Heu. Laut Tabelle auf S. 226 enthalten 100 Ctr. Heu rund 86 Ctr. Trockensubstanz und darin

Alkalien	1,55	Ctr.
Kalk- und Talkerde	1,19	„
Phosphorsäure	0,41	„
Gesammtmenge der Mineralstoffe	5,16	„
Stickstoff	1,17	„

	Alkalien	Kalk- u. Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.
Bei einer geregelten Feldgraswirthschaft sind die Stoffentnahmen, wenn alle Körner verkauft werden, pr. Hectar und Jahr	4,59	2,36	**6,5**	20,07	15,60

	Alkalien	Kalk- u. Talkerde	Phosphorsäure	Gesammtmenge an Mineralstoffen	Stickstoff
	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.
Um alle diese Stoffe zu ersetzen, sind 1585 Kilo. Heu nothwendig, die geliefert werden durch 0,317 Hectar Wiesenland mit	14,56	18,95	**6,5**	81,78	18,54

Demnach ergibt sich ein Unterschiedsverhältniss zwischen Acker- und Wiesenland wie 1 : 0,317 oder wie 100 : 31,7.

Wenden wir diese Berechnung auch auf die anderen Pflanzenbausysteme an, so ergibt sich, dass, um dem Boden Ersatz für die in den Marktproducten ausgeführten Stoffe zu bieten, das Verhältniss zwischen Acker- und Wiesenland sein muss:

1. Bei einer geregelten Feldgraswirthschaft, wenn alle Körner verkauft werden . . . . . wie 100 : 31,7
2. Bei einer geregelten Feldgraswirthschaft, wenn nur Gerste und Roggen verkauft werden . „ 100 : 21,8
3. Bei einer neueren holsteinischen Koppelwirthschaft, wenn Weizen-, Gerste- und Roggenkörner verkauft werden . . . . . „ 100 : 27,3
4. Bei einer Körnerwirthschaft (Dreifelderwirthschaft), wenn die Körner verkauft, Stroh verfüttert wird . . . . . „ 100 : 51,5
5. Bei einer Körnerwirthschaft, wenn die Gerste verbraut, der Weizen verkauft, die Abfälle von der Biererzeugung und das Stroh verfüttert werden . . . . . „ 100 : 42,6
6. Bei verbesserter Körnerwirthschaft, wenn Roggen-, Gerste- und Weizenkörner verkauft werden; Stroh, Klee und Haferkörner in der Wirthschaft bleiben . . . . . „ 100 : 36,4
7. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (weniger als $^2/_3$ mehr als $^1/_3$ K.), wenn Körner und Wurzeln verkauft werden . . . . . „ 100 : 82,7
8. Bei derselben Fruchtwechselwirthschaft, wenn nur Körner verkauft werden . . . . . „ 100 : 56,9
9. Bei der Fruchtwechselwirthschaft (mit $^1/_2$ K. und $^1/_2$ F.), wenn Körner und Knollen verkauft werden . . . . . „ 100 : 54,3

10. Bei derselben Fruchtwechselwirthschaft, wenn nur Körner verkauft werden . . . . . wie 100 : 36,4
11. Bei der Industriewirthschaft, wenn Rüben und Weizen verkauft, Hafer, Stroh und Blätter verfüttert werden . . . . . „ 100 : 79,1
12. Bei der Industriewirthschaft, wenn nur Weizen ausgeführt wird, alle Rückstände bei der Zuckerfabrikation aber in der Wirthschaft bleiben . „ 100 : 21,9

Diese Zusammenstellung zeigt, wie bedeutend das Erforderniss an Wiesen ist, um den durch den Export von Marktproducten entstehenden Ausfall zu decken.

Dass in der That ein Mangel an Nährstoffen eintritt, wenn dieses nothwendige Verhältniss nicht eingehalten wird, sehen wir, abgesehen von vielen anderen Belegen, deutlich aus den Aufzeichnungen von Ansius Vater und Sohn von 1826—1860 über ein Wirthschaftsobject von 680 Joch pfluggängigen Landes und 120 Joch Wiesen (also ein Verhältniss wie 100 : 18¾). Die Abnahme an Phosphorsäure zeigte sich nicht allein durch die Berechnung, sondern wurde auch sehr deutlich an den Ernteergebnissen der Felder sichtbar.

	Kali	Kalkerde	Phosphorsäure
	in Centnern		
In den 16 Jahren ausgeführt in Form von Getreide, Raps, Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Käse, Milch, Wolle, Vieh	708	268	1228
Den Feldern in 16 Jahren zugeführt in Form von Stalldünger aus sämmtlichem Stroh, verfüttertem Schrot, Klee, dem grössten Theil von Kartoffeln, Heu, Rapskuchen, Weizenkleie	1119	968	444
	+411	+700	−784

In den 16 Jahren wurden also die Felder um 784 Centner Phosphorsäure ärmer. Fruchtfolge war folgende: 1. Raps, 2. Weizen, 3. Erbsen, 4. Roggen, 5. Kartoffeln, 6. Gerste, 7. Klee, 8. Roggen, 9. Hafer, 10. Rüben, 11. Roggen, 12. Gerste, 13. Klee, 14. Roggen, 15. Hafer, 16. Weissklee. Ausser durch das verfütterte Heu erhielt der ackerbare Boden nur noch einen Stoffersatz durch zugekaufte Oelkuchen und Weizenkleie, welche gleichfalls zur Fütterung Verwendung fanden.

Nach Anführung dieses der Praxis entnommenen, die oben entwickelten Grundsätze bekräftigenden Beispieles muss noch weiter bemerkt werden, dass mangelndes Wiesenland rücksichtlich der

Stoffzufuhr durch Futterbau auf Ackerflächen nicht ersetzt werden kann; denn die Wiese bringt dem Ackerlande wirklich ein Plus, eine Zuthat an mineralischen Nährstoffen, der Futterbau hingegen bringt ihm nur ein Plus von organischen Stoffen, die sich aus den Bestandtheilen der Luft gebildet haben, nicht aber von Bodenbestandtheilen; es findet bei letzterem nur ein Umsatz des Bodencapitals statt, d. h. die dem Boden entzogenen Stoffe werden demselben wieder zurückgegeben. Allerdings darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass bei ausgedehntem Futterbau, wo Ausfuhr von mineralischen Stoffen meist nur in Form von Milch, Fleisch u. s. w. erfolgt, der Boden nur wenig erschöpft wird und somit nicht viel Stoffzufuhr durch Wiesen benöthigt.

Reicht aber das auf den Wiesen producirte Heu nicht aus, um die Stoffausfuhr zu decken, so muss zum Ankauf von Streufutter oder von Düngemitteln geschritten werden. Man wird um so eher auf Deckung der Stoffausfuhr durch Düngerzukauf bedacht sein müssen, je grössere Quantitäten von Bodenproducten ausgeführt werden oder je weniger die sich bei deren Verarbeitung ergebenden Abfälle benützt werden können. Ein solches Beispiel haben wir an dem angeführten Falle der Fruchtwechselwirthschaft (Nr. 7), wo es sich zeigt, wie gross die Heuproduction sein müsste, um in erster Reihe die ausgeführte Phosphorsäure zu ersetzen. Bei grosser Rübenproduction und Verkauf der Rüben oder Verkauf der bei ihrer Verarbeitung sich ergebenden Melasse, werden namentlich kalireiche Düngemittel beschafft werden müssen, nur muss der Landwirth dabei wohl berechnen, ob er das Kali im Dünger nicht theuerer bezahlt, als er es in der Melasse verkauft hat. Nichts destoweniger gibt es Beispiele, namentlich im Königreich Sachsen*), die lehren, dass es in Bezug auf den Reinertrag sich unter Umständen als zweckmässig erweist, alle in der Wirthschaft erzeugten Producte, mit Ausschluss der für die Arbeitsthiere nöthigen Futtermengen, als Marktwaare zu veräussern, dagegen die in denselben enthaltenen Mineralstoffe nebst stickstoffhaltigen Salzen, in Form von käuflichen Düngemitteln von aussen her einzuführen. Vom Princip der Krafterhaltung der Felder lässt sich dagegen kein Bedenken erheben.

Rücksichtlich der Bodenkrafterschöpfung wären demnach, je nach der verschiedenen Organisation des Wirthschaftsbetriebes, drei Fälle möglich: 1) es findet mehr als Ersatz der entzogenen Pflanzennährstoffe statt; in diesem Falle vermehrt sich die Bodenkraft; 2) es findet nur Ersatz statt und 3) es findet nicht voll-

*) Der chemische Ackersmann. 1861. S. 293.

kommener oder kein Ersatz statt, es muss bei fortgesetzter Cultur dann über kurz oder lang im Boden Mangel an Kraft — Erschöpfung an Nährstoffen — eintreten. Der Landwirth führt im letzteren Fall einen Raubbau, welcher sich durch stetige Abnahme der Ernten straft. Diese Art Raubbau ist es, vor deren Folgen Liebig mit vollstem Rechte und in kräftigen Worten gewarnt hat. Möge die Zahl der Landwirthe, welche sich durch Liebig's scharfe Worte getroffen fühlen können, in ihrem eigenen Interesse und im Interesse der gesammten Volkswirthschaft, eine mehr und mehr verschwindende werden!

REGISTER.

Abendröthe 139.
Abfälle, pflanzliche 427.
— thierische 420.
Abfuhr der Excrete 403.
Abkühlung der Luft 142.
Ablagerungsverhältnisse der Bodenarten 58.
Ableger 303.
Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe 144.
Abraumsalze 450.
Abruhen des Ackers 486.
Absorption 116.
— von festen Substanzen und Lösungen 119.
— von Gasen im Boden 117.
Accessionen des Bodens 65.
Achselknospen 214.
Ackerboden 74.
Ackerung 484.
Adlerexcremente 410.
Adventivknospen 214.
Adventivwurzeln 208.
Aepfelsäure 259.
Aequatorialstrom 161.
Aesculin 258.
Aetherische Oele 256.
Aetzkalk 472.
Aeussere Einflüsse auf die Vegetation 334.
Aeussere Gliederung der Pflanze 207.
Agrologie 1.
Alluvion 514.
Alter der Gesteine 3.
Amidulin 250.
Ammoniak 103.
Amphibol 6. 10.
Amphibolgruppe 6.
Amygdalin 296.
Analyse des Bodens 123.
Anamesite 15.
Anhydrit 449.
Animalisirter Kalk 407.
Anomalieen der Lufttemperatur 150.
Anstauung 440.
Apatit 8. 464.
Apfelpulpe 431.
Aprilschein 343.
Arabin 253.
Art der Pflanzennährstoffe 282.
Arten der Culturpflanzen 310.
Asche 452.
Aschenanalysen der Pflanzen 220.
Aschenbestandtheile der Pflanzen 218. 325.
Ascomyceten 306.
Asparagin 299.
Assimilation der Nährstoffe 294.
Atmosphäre 133.
Attovelophosphat 465.
Aufbau der Pflanzen aus Zellen 203.
Aufbewahrung der Feldfrüchte 346.
Aufbewahrung des Stalldüngers 373.
Aufbringen des Stalldüngers 392.
Aufgeschlossene Knochen 458.
Aufnahme der Pflanzennährstoffe 285.
Aufschlämmung 514.
Augit 6. 10.
Augitgruppe 25.
Austrocknungs-Vermögen des Bodens 90.
Auswintern 343.

Bakerguano 462.
Basaltboden 62.
Basalte 15. 16. 28.
Basaltite 15
Basidiomyceten 306.
Bast 205.
Bearbeitung des Culturbodens 492.

Beere 216.
Beetbau 489.
Bereitung des Stalldüngers 373.
Beschattung des Bodens 523.
Betaïn 296.
Bewässerung des Bodens 514.
Bierträber 431.
Bifange 345. 489.
Bildungsgewebe 202.
Bildungsleben 285.
Bitterstoffe 256.
Blätter 214. 313.
Blattoberfläche der Culturpflanzen 521.
Bleisand 57.
Blöcke, erratische 31.
Blüthe 215.
Blüthenblätter 215.
Blumenblätter 313.
Blumenkrone 216.
Blut 420.
Blutdünger 421.
Bluten 288.
Boden, Bildung des 1.
Bodenanalysen 129.
Bodenarten 73.
— sedentäre 59.
— sedimentäre 63.
Bodenbearbeitung 480.
Bodenbildung, Material zur 4.
Bodenbrennen 515.
Bodenerschöpfung 537.
Bodengase 114.
Bodenkarten 126.
Bodenkraft 129.
Bodenlösungen 110.
Bonitirung 129.
Boracit 449.
Borke 206.
Borstenmehl 426.
Brache 518.
Brandpilze 305.
Brauneisenstein 8.
Braunkohlenasche 453.
Breccien 15.
Buchweizen 314.

Calcit 8. 26.
Cambium 203.
Carnallit 449.
Cellulose 252. 297.
Cellulosegährung 297.
Charakteristik der Wirthschaftssysteme 525.
Chausséestaub 437.
Chemische Bestandtheile des Bodens 103.
Chemische Bodenanalyse 126.
Chilisalpeter 467.
Chlor 107. 229.
Chloritschiefer 13. 16. 28.
Chloritschieferboden 61.
Chlornatrium 449.
Chlornatriumhaltige Düngemittel 478.
Chlorophyll 256.
Chlorophyllsäure 257.
Citronensäure 259.
Colloïde 291.
Colmatage 514.
Compost 445.
Condensations-Vermögen des Bodens 92.
Conglomerate 15.
Conglutin 260.
Copuliren 302.
Cultivatoren 484.
Culturpflanzen 307.
Cuticularsubstanz 297.
Cyclonen 164.
Cytoblast 200.

Dauergewebe 202.
Deckblätter 215.
Desinfectionsmittel 405.
Dextrin 253.
Dextrose 253.
Diabas 15. 16. 28.
Diallag 6. 10.
Dicotyledonen 203.
Diffusion 287.
Diffusionsschnitzel 431.
Diffusionstheorie 291.
Diluviallehm 64.
Diorit 14. 16. 28.
Dolerite 15. 16.
Dolomit 9. 10. 26.
Dolomitboden 62.
Dornen 215.
Dornstein 477.
Drainage 503.
Drainwässer 114. 513.
Drehstürme 164.
Drehungsgesetz der Winde 162.
Dreifelderwirthschaft 531.
Driftgeschiebe 66.
Drillcultur 487.
Drüsen 215.
Dünensand 69.

Dünger 347.
Düngeranwendung 355.
Düngerarten 359.
Düngerbehandlung 374.
Düngerbereitung 349.
Düngerkosten 382.
Düngermangel 348.
Düngermenge 382. 397.
Düngerstätte 376.
Düngerwerth 354.
Düngerwirkung 352.
Düngungsversuche 352.
Durchlässigkeit des Bodens 90.

Eggen 490.
Eigenschaften des Bodens 79.
Einfelderwirthschaft 531.
Einfluss des Windes auf Temperatur und Feuchtigkeit 167.
Einstreu 369.
Eintheilung der Bodenarten 49.
Eisen 104. 230. 284.
Eisenspath 7.
Eisenthon 37.
Eisenverbindungen 7.
Eiweissstoffe 235.
Elektricität 267.
— im Boden 102.
Elutionswässer 455.
Emulsin 261.
Endknospen 214.
Endosmose 287.
Entenmist 410.
Entleerungen 360.
Entwässerung des Bodens 498.
Erddauschen 504.
Erdedüngung 433.
Erdfänge 502.
Erdmischung 497.
Erdschutt 30. 33.
Erdstreu 370.
Erfrieren der Pflanzen 341.
Erkaltungsgeschwindigkeit des Bodens 100.
Ernährung der Culturpflanzen 317.
Ernährungsorgane der Pflanzen 207.
Ersatz der Bodenbestandtheile 550.
Ertragssteigerung 333.
Eruptiv-Formationen 4.
Erwärmungsfähigkeit des Bodens 94.
Erzkörnerwirthschaft 531.
Excremente 366.
— menschliche 399.
Exosmose 287.
Extensiver Betrieb 536.

Fabrikspflanzen 311.
Fäcalien 402.
Färbepflanzen 311.
Fäulniss 44.
Farbe des Boden 81.
Farbestoffe 235. 256.
Fasergewebe 202.
Federn 425.
Federwolke 175.
Feldgraswirthschaft 527.
Feldspath 5. 10. 25.
Felsitporphyr 12. 16.
Fermentation des Knochenmehls 458.
Fermente 261.
Fette 235. 254. 298.
Feuchtigkeitsverhältnisse der Waldluft 170.
Feuerstein 5.
Filzgewebe 202.
Fischguano 418.
Fleischdünger 422.
Flüssiger Dünger 440.
Flugsand 32. 69.
Fluor 230.
Fluss-Alluvionen 65.
Flussgeschiebe 69.
Flusslehmboden 69.
Flussmarschboden 68.
Flussschlamm 434.
Fluthschuttgelände 58.
Form der Pflanzennährstoffe 282.
Formbestandtheile der Gesteinstrümmer und Verwitterungsproducte 30.
Forstbäume 315.
Fortpflanzungsorgane der Pflanze 215.
Fray-Bentos-Guano 462.
Freie Wirthschaft 535.
Frucht 216.
Fruchtfolge 519.
Fruchthülle 216.
Fruchtknoten 301.
Fruchtstände 312.
Fruchtwechselwirthschaft 532.
Fruchtzucker 253.
Furchen 486.
Furchenbreite 489.
Furchenrichtung 489.
Furchentiefe 487.
Futterpflanzen 311. 313.

Gabbro 14.
Gänsemist 410.

Galläpfelgerbsäure 258.
Gang der Lufttemperatur 146.
Garnatguano 419.
Gartenboden 74.
Gaskalk 472.
Gebirgsschutt 30.
Gefüge des Bodens 81.
Geldwerth des Düngers 382.
Gerbereiabfälle 425.
Gerbstoffe 235. 258.
Gerölle 65.
Gerste 314.
Gersteboden 74.
Geschiebe 65.
Geschiebemergel 64.
Gespinnstpflanzen 311.
Gesteine, augitreiche 14.
— dioritische 14.
— feldspathreiche 12.
— glimmerreiche 13.
— hornblendereiche 14.
— klastische 15. 29.
— krystallinische, einfache 5.
— krystallinische, zusammengesetzte 12.
Gewitter 189.
Gewürzpflanzen 311.
Gliadin 260.
Glimmergruppe 6. 26.
Glimmerlehmboden 67.
Glimmerschiefer 13. 27.
Glimmerschieferboden 61.
Glucoside 256.
Glutencaseïn 260.
Glutenfibrin 260.
Gneiss 12. 16. 27.
Gneissboden 61.
Golfstrom 188.
Granaten 10.
Grand 32.
Grandlehmboden 68.
Grandmergelboden 67.
Granit 12. 16 26.
Granitboden 61.
Granulit 12. 16. 27.
Granulitboden 61.
Graswirthschaft 527.
Graupeln 186.
Grauwackenschieferboden 60.
Grauwackensandsteinboden 60.
Grieben 425.
Gründüngung 426.
Grünsteinboden 62.
Grundschuttgelände 58.
Grundwasser 110.
Gruss 32.
Guanisirtes Knochenmehl 462.
Guanohandel 414.
Gülle 363.
Gummi 235. 253.
Gyps 9. 10. 26. 475.

Haare 206. 215.
Hackfrüchte 311.
Hackstreu 369.
Haferboden 74.
Hagelkörner 186.
Haken 485.
Handelsdüngemittel 351.
Hanf 315.
Hangbau 440.
Harn 361.
Harze 235. 256.
Haufenwolke 175.
Hausgeflügelmist 410.
Haut 423.
Hochland 76.
Höhe des Bodens 75.
Holz 203. 297.
Holzasche 452.
Hordendünger 398.
Hornmehl 425.
Howlandguano 462.
Hühnermist 367. 410.
Hülsenfrüchte 311.
Humboldtströmung 189.
Humin 46.
Huminsäure 46.
Humus 42.
Humusbodenarten 56.
Hybridisirung 301.
Hydrometeore 172.
Hygrometer 170.
Hyperit 14. 16. 28.
Hypersthen 6. 10.
Hypersthenit 14.
Hypodermii 305.

Industriewirthschaft 534.
Infusorienerde 39.
Inosit 254.
Insolation 140.
Intensiver Betrieb 536.
Inulin 253.
Invertzucker 254.
Isanomalen 154.
Isobaren 158.
Isothermen 154.

Jarvisguano 463.
Jauche 363.
Jahreszeiten 142.
Jod 230.
Jurakalkboden 62.

Kälte 341.
Kaffeegerbsäure 258.
Kainit 449.
Kali 103. 229. 284. 320.
Kalidünger 450.
Kaliglimmer 10.
Kalireiche Düngemittel 448.
Kaliumpräparate 450.
Kalk 104. 229. 284. 320.
Kalkboden 52. 55.
Kalkglimmerschieferboden 61.
Kalköfenbruch 472.
Kalkreiche Düngemittel 470.
Kanalisation 409.
Kaolin 35.
Kapselfrucht 216.
Kartoffel 315.
Kartoffelfaser 431.
Kartoffelschalen 431.
Kautschukkörper 256.
Keim 216.
Keimblätter 215.
Keimen 269.
Keimkraft 274.
Keimungserscheinungen 276.
Keimungstemperaturen 272.
Kelch 216.
Kernholz 205.
Keupersandsteinboden 60.
Kies 32.
Kieselguhr 39.
Kieselsäure 106. 229. 284.
Kieselschiefer 5.
Kieselschieferboden 60.
Kieserit 449.
Kleeboden 74.
Klimatologie 192.
Kloakenwasser 441.
Knick 56.
Knochenasche 460.
Knochenmehl 456.
Knollen 313.
Knospe 213.
Kohlehydrate 250.
Kohlensäure 107. 284.
Körnerfrüchte 311.
Körnerwirthschaft 530.
Kohlenstoff 283. 318.
Kopfdüngung 358.
Koppelwirthschaft 529.
Koprolithen 464.
Kork 206.
Kreideboden 62.
Krystalloïde 291.

Labrador 5. 10.
Labradorströmung 188.
Laevulose 253.
Lage des Bodens 75. 77. 78.
Laubblätter 215.
Laubstreu 370.
Leben der Pflanze 262.
Lebensdauer der Pflanzen 306.
Ledermehl 426.
Legumin 260.
Lehm 37.
Lehmboden 53.
Lehmsandboden 68.
Leimdünger 425.
Leimgewebe 202.
Leimkalk 425.
Lein 315.
Letten 56.
Lettenschiefer 17.
Leucit 7. 10.
Lichenin 253.
Licht 137. 262. 337.
Lichtabschluss 273.
Liernur'sches Abfuhrsystem 404.
Lignin 297.
Lochdüngung 395.
Lössmergelboden 66.
Loostage 197.
Luft 134.
— Einfluss der auf die Verwitterung der Gesteine 15.
Luft-Alluvionen 65.
Luftdruck 156.
Luftelektricität 189.
Luftstaub 136.
Lysimeterwässer 113.

Mächtigkeit der Bodenschichten 71.
Magnesiaglimmer 6. 10.
Maikäfer 425.
Mais 314.
Maldenguano 462.
Maltin 261.
Malzkeime 431.
Mark 205.
Marktproducte 537.

Mauersalpeter 374.
Maulwurfdrains 506.
Mechanische Acte der Bodenbearbeitung 483.
Mechanische Bodenanalyse 124.
Mediärer Betrieb 536.
Meeresströmungen 187.
Mehlthau 306.
Mejillonesguano 463.
Melaphyr 14. 28.
Melasse 454.
Melassenschlempe 454.
Melezitose 254.
Melitose 254.
Mengedünger 445.
Mergel 9. 37. 470.
Mergelboden 54.
Mergelschiefer 17.
Meristem 202.
Meteorologie 136.
Meteoroprognose 194.
Milchsaft 292.
Mineralbodenarten 49.
Mineralische Nährstoffe 332.
Mineralische Phosphate 464.
Miststätte 376.
Mittelstöcke 213.
Molassengeschiebe 66.
Monsuns 164.
Monocotyledonen 203.
Moorboden 57.
Moorculturverfahren 503.
Moorerde 433.
Moorerdestreu 370.
Moorsandboden 68.
Morgenröthe 139.
Moringerbsäure 258.
Mucedin 260.
Muschelkalkboden 62.
Muschelschalen 472.
Myrosin 261.

Nachdüngung 395. 398.
Nachtfröste 345.
Nachtigallenexcremente 410.
Narbe 301. 313.
Natron 103. 229.
Navassaphosphat 463.
Nebel 174. 346.
Nebenwurzeln 208.
Nephelin 7. 10.
Niederungsland 77.
Nitrilkalke 468.
Nitrophosphat 462.
Nulliporenkalk. 39.

Oberhaut 205.
Obstboden 74.
Oculiren 302.
Oele 235. 297.
Oelkuchen 427.
Oelpflanzen 311.
Oligoklas 5. 10.
Olivin 7. 10.
Organische Basen 235.
Organische Bestandtheile der Pflanzen 234.
Organische Säuren 235. 298.
Organismen, Beziehungen der zur Bodenbildung 38.
Orthoklas 5. 10. 25.
Ortstein 56.
Osteolith 465.
Oxalsäure 259.
Ozon 136.

Pacificguano 420.
Parenchyma 202. 205.
Passate 160.
Pechstein 16.
Pedologie 1.
Pektinstoffe 235. 258.
Peptonbildende Fermente 261.
Perlsand 32.
Permeabilität 287.
Peruguano 410.
Petersens Wiesenbauverfahren 515.
Pfannenstein 477.
Pfeifenthon 35.
Pferdemist 367. 385.
Pferchdünger 398.
Pflanze 199.
Pflanzen, bodenstäte 51.
Pflanzenalbumin 260.
Pflanzenalkaloïde 261.
Pflanzenanalysen 236.
Pflanzenbau-Systeme 525.
Pflanzencaseïn 260.
Pflanzenfibrin 260.
Pflanzengeographie 314.
Pflanzenkrankheiten 304.
Pflanzensäuren 258.
Pflanzensaft 292.
Pflanzenschleim 253.
Pflanzenwechsel 519.
Pflanzenzelle 200.
Pflanzenzonen 316.
Pflug 485.

Pflugdrains 506.
Phloridzin 258. 296.
Phönixguano 463.
Phonolite 13. 16. 27.
Phonolithboden 62.
Phosphatguanos 463.
Phosphorit 8. 10. 464.
Phosphorsäure 107. 229. 284. 320.
Phosphorsäurehaltige Abfälle 466.
PhosphorsäurereicheDüngemittel456.
Pfropfen 302.
Phyllochromogen 257.
Physikalische Eigenschaften des Bodens 80.
Pistill 216. 301.
Plänerkalkboden 62.
Plaggenbrennen 515.
Plaggenstreu 370.
Polarströme 160.
Pollen 216. 301.
Polyhalit 449.
Populin 258. 296.
Porosität des Bodens 81.
Porphyr 27.
Porphyrboden 61.
Poudrette 399. 406.
Primordialschlauch 200.
Production von Pflanzenstoffen 299.
Profil der Schwemmlandsglieder 70.
Proteïnstoffe 259. 299.
Protoplasma 200.
Psychrometer 170.

Quadersandsteinboden 60.
Quarz 5. 10. 25.
Quarzconglomeratboden 60.
Quarzfels 5.
Quarzit 5.
Quarzitboden 60.
Quelle der Pflanzennährstoffe 282.
Quellsäure 46.
Quellsatzsäure 46.
Quellwasser 502.
Querackerung 488.

Ränderbrennen 515.
Räuchern der Weinberge 346.
Rajolen 495.
Ranken 215.
Raseneisenstein 8.
Raubbau 554.
Redonda-Aluminium-Phosphat 465.
Razaguano 463.
Regen 176.
Regenhöhe 183.
Regenmenge 177.
Regenmesser 177.
Regenvertheilung 184.
Regenzonen 185.
Regulirung der Vegetationsfactoren im Boden 480. 498.
Reif 172.
Reihendüngung 395.
Reis 315.
Rhizom 213.
Rhodanammonium 468.
Rieselfelder 444.
Rigolen 495.
Rinde 206.
Rindermist 367. 386.
Rindshaare 425.
Robbenguano 418.
Röhrendrainirung 504.
Roggen 314.
Roggenboden 74.
Rohbodenarten 49.
Rohrzucker 254.
Rostpilze 305.
Rotheisenstein 8.
Rothsandsteinboden 60.
Rübenpresslinge 431.
Rückenbau 440.
Rührfurche 486.

Saccharose 254.
Saftbewegung 292.
Saladeroguano 422.
Salicin 258. 296.
Salpetersäure 44. 107. 284.
Salpetersaures Natron 467.
Salzdüngung 478.
Salzthon 36.
Same 216. 312.
Samenknospe 301.
Samenschale 216.
Samenwechsel 308.
Sand 31.
Sandboden 50.
Sandlehmboden 67.
Sandmergelboden 67.
Sandsteine 15 16.
Sandstreu 370.
Sauerstoff 283. 319.
Schafmist 367. 385.
Scheideschlamm 472.
Schichtenwolke 175.
Schieferthon 17.
Schlackensandboden 69.

Schlämmapparate 124.
Schlammdüngung 433.
Schlammwässer 435.
Schliessfrucht 216.
Schmarotzer der Pflanzen 305.
Schnee 176.
Schneedecke 345.
Schneidstreu 369.
Schönit 449.
Schollenbrennen 515.
Schröpfen 302.
Schuppen 215.
Schwankungen der Lufttemperatur 148.
Schwefelkies 8.
Schwefelsäure 107. 228. 284. 333.
Schwefelsäurereiche Düngemittel 475.
Schwefelsaures Ammoniak 468.
Schweinemist 367. 386.
Schwemmland 63.
Schwere, absolute, des Bodens 80.
— specifische, des Bodens 80.
Schwerkraft 268.
Sediment-Formationen 3.
Seemarschboden 68.
Seitenwurzeln 208.
Seifensiederasche 453.
Serpentin 7. 10.
Serpentinboden 63.
Sewage-Manure 444.
Sodagyps 477.
Sombreroguano 463.
Sorbit 254.
Spätfröste 345.
Spaltfrucht 216.
Spatencultur 483.
Spatpflügen 495.
Specielle Düngerarten 448.
Speckstein 7.
Speculationssystem 535.
Spielarten 303.
Splint 205.
Sprengcultur 496.
Sprottenguano 417.
Spülung 409.
Stacheln 215.
Stachelwalze 492.
Stärkemehl 235. 250. 295.
Stalldünger 360.
Stalleinrichtung 373.
Stammknospe 213.
Starbuckguano 462.
Stassfurter Salze 448.
Staubblätter 216. 301.
Stauwasser 100. 502.
Steckreis 302.
Steinbeere 216.
Steinkohlenasche 453.
Steinmark 35.
Steinsalz 9. 10.
Steinschutt 30. 31.
Stengel 213. 313.
Stickstoff 283. 319. 332.
Stickstofffreie organische Pflanzenbestandtheile 250.
Stickstoffguano 410.
Stickstoffhaltige Pflanzenbestandtheile 259.
Stickstoffreiche Abfälle 469.
— Düngemittel 467.
Stoffwanderung in der Pflanze 293.
Stoffwechsel in der Pflanze 294.
Strassenschlamm 437.
Strohstreu 369.
Structur des Bodens 81.
Sulphate 475.
Superphosphat 458.
Syenit 12. 16. 27.
Syenitboden 61.
Sylvin 449.
Synaptase 261.
Systemisirung des Pflanzenbaues 525.

Tabak 315.
Tachhydrit 449.
Taffo 408.
Tagewasser 100. 500.
Talk 7. 10. 26.
Talkerde 104. 230. 284.
Talkschiefer 7.
Taubenmist 410.
Teichschlamm 434.
Teichstreu 369.
Temperaturs-Maxima und Minima 148.
Temperaturtafel 152.
Temperaturwechsel, Einfluss, des auf die Verwitterung 18.
Thau 172.
Thauwurzeln 208.
Thierische Abfälle 420.
Thon 34.
Thonboden 51.
Thonbrennen 515.
Thondüngung 436.
Thonerde 104. 230.
Thonlehmboden 67.
Thonmergelschieferboden 60.
Thonschiefer 14. 28.

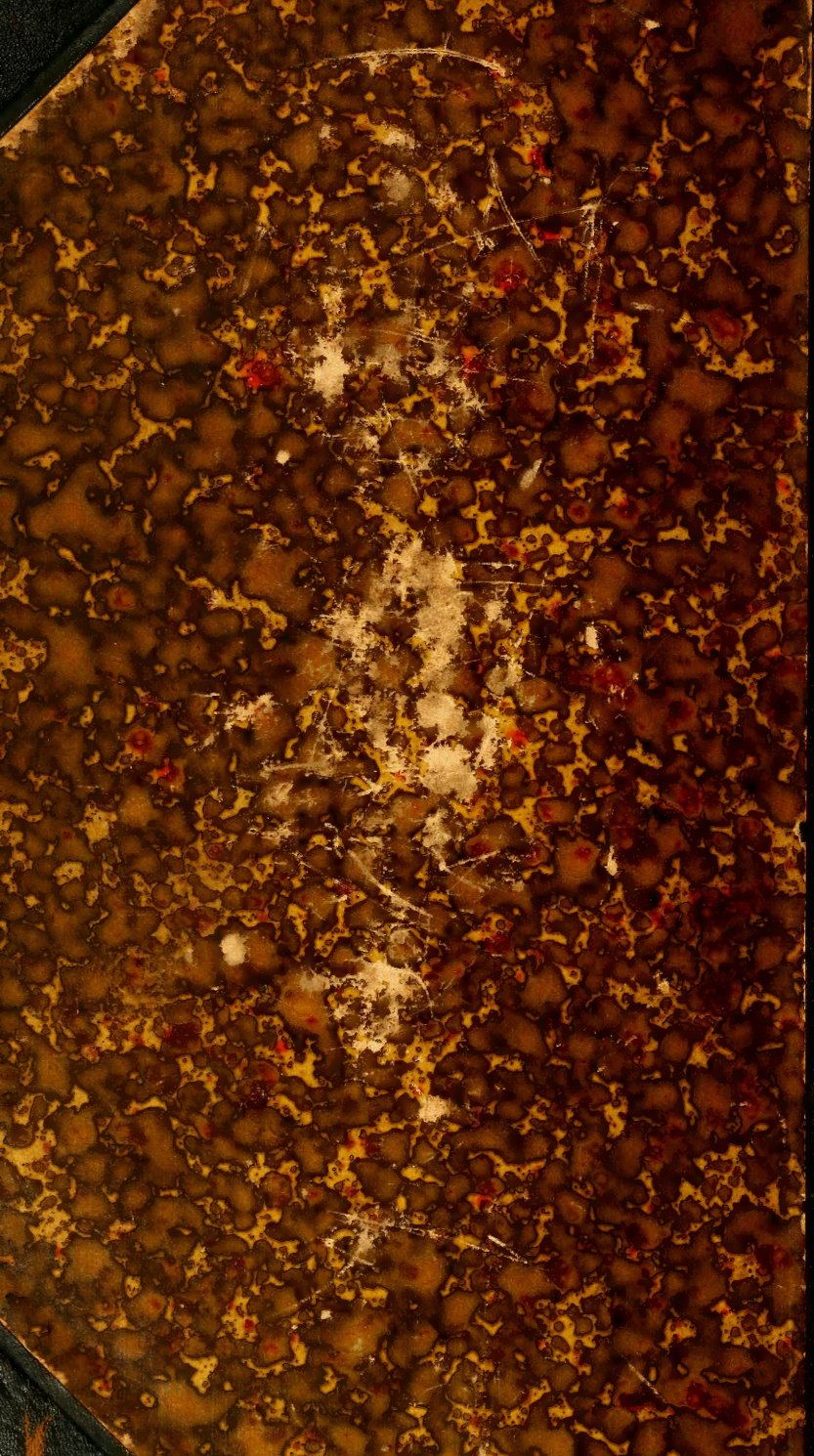
Thonschieferboden 60.
Thonsteinboden 60.
Thränen der Rebe 288.
Tiefcultur 492.
Tiefland 76.
Tod der Pflanzen 306.
Töpferthon 35.
Tonnensystem 403.
Torfasche 453.
Torfboden 57.
Torfdrains 504.
Torfdüngung 432.
Torfmoore 38.
Torfstreu 370.
Trachytboden 62.
Trachyte 13. 16. 27.
Trachyttuffboden 69.
Traubenzucker 253.
Trockensubstanz 236.
Tuffe 30.
Turmalin 10.

Ueberrieselung 440.
Ueberstauung 440.
Ulmin 46.
Ulminsäure 46.
Untergrund 72.
Untergrundpflüge 496.
Urate 399. 409.
Urbarmachung 481.
Urin 361.

Vegetationskrume 72.
Verdunstungstheorie 290.
Vermoderung 43.
Vernarbungsgewebe 202.
Vertheilung der Culturpflanzen nach den Klimaten 314.
Verwesung 42.
Verwesungssäuren 46.
Verwitterung 18.
Verwitterungsdauer 24.
Verwitterungsgrösse 24.
Verwitterungsproducte 25.
Verwitterungsstadien 23.
Vivianit 8.

Wacholderbeerenrückstände 431.
Wachsarten 255.
Wachsen 281.
Wärme 265. 337.
— specifische des Bodens 96.
Wärmeausstrahlungs-Vermögen des Bodens 99.
Wärmeleitung im Boden 98.
Wärmequellen des Bodens 92.
Wärmesummen 338.
Wärmeverbrauch zur Arbeitsleistung im Boden 97.
Wärmevertheilung auf der Erdoberfläche 139.
Waldboden 75.
— Wärmeverhältnisse des 101.
Waldluft 150.
Waldstreu 369.
Walzen 491.
Wanderung der Pflanzennährstoffe 285.
Wasser als Dünger 437.
— Einfluss des auf Zertrümmerung und Verwitterung der Gesteine 18.
Wasser-Alluvionen 65.
Wassercapacität 85.
Wasserdampf der Atmosphäre 168.
Wasserleitung, capillare 88.
Wasserstoff 283. 319.
Wasserverdunstung durch die Blätter 289.
Wawellit 8.
Weideboden 74.
Weidewirthschaft 527.
Weinboden 75.
Weinhefe 431.
Weinsäure 259.
Weinstock 315.
Weinträber 431.
Weizen 314.
Weizenboden 74.
Weizenträber 431.
Wiesenbewässerung 437.
Wiesenboden 74.
Wildling 302.
Winde 158. 346.
Windfahne 166.
Windrose 166.
Windstille 160.
Windverhältnisse der gemässigten Zonne 161.
Winterfärbung der Blätter 215.
Winterfrost 344.
Wolken 174.
Wolllumpen 424.
Wollstaub 424.
Wollwaschwasser 425.
Wurzel 207. 313.
Wurzelausbreitung 210.
Wurzelausscheidungen 293.
Wurzelformen 209.

Wurzelgewicht 212.
Wurzelhaare 208.
Wurzelknospe 214.
Wurzelrückstände 428.
Wurzelstöcke 213.
Wurzeltiefgang 211.
Wurzelzasern 208.

Zellenkern 200.
Zellgewebe 202.
Zellsaft 200.
Zellstoff 235.
Zellwand 200.
Zeolithe 6. 10. 15.
Ziegeldrains 504.
Zonen 142.
Zucker 235. 296.
Zusammensetzung, chemische, der einfachen Gesteine 10. 11.
— chemische, der zusammengesetzten Gesteine 16. 17.
Zweifeldwirthschaft 531.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.